ACH
D150
.1

Bound 1938

Library of the Museum

OF

COMPARATIVE ZOÖLOGY.

AT HARVARD COLLEGE, CAMBRIDGE, MASS.

The gift of Acad. Roy de Belgique

No. 159 bis

MÉMOIRES COURONNÉS

ET

MÉMOIRES DES SAVANTS ÉTRANGERS,

PUBLIÉS PAR

L'ACADÉMIE ROYALE

DES SCIENCES, DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS DE BELGIQUE.

3689
6-40

MÉMOIRES COURONNÉS

ET

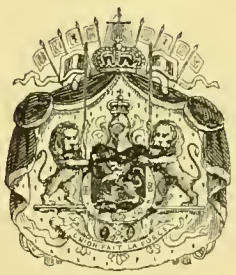
MÉMOIRES DES SAVANTS ÉTRANGERS,

PUBLIÉS PAR

L'ACADÉMIE ROYALE

DES SCIENCES, DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS DE BELGIQUE.

TOME XXXVII. — 1873.



BRUXELLES,

F. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE.

1873

TABLE

DES MÉMOIRES CONTENUS DANS LE TOME XXXVII.

MÉMOIRES COURONNÉS.

1. Étude sur les procédés suivis pour déterminer les éléments du magnétisme terrestre (déclinaison, inclinaison et intensité); par Louis Pérard.

2. Description du terrain silurien du centre de la Belgique; par C. Malaise.

MÉMOIRES DES SAVANTS ÉTRANGERS.

3. Description des fossiles du calcaire grossier de Mons. — Seconde partie. (Gastéropodes); par A. Briart et F-L. Cornet.

4. Sur la tension superficielle des liquides, considérée au point de vue de certains mouvements observés à leur surface (second mémoire); par G. Van der Mensbrugghe.

5. Areographische Fragmente. — Manuscrit et dessins originaux et inédits de l'astronome J.-H. Schroeter, de Lilienthal; par F. Terby.

6. Essai sur l'état de la végétation à l'époque des marnes heersiennes de Gelinden; par le comte G. de Saporta et le docteur A.-F. Marion.

ÉTUDE SUR LES PROCÉDÉS

SUIVIS POUR DÉTERMINER

LES ÉLÉMENTS DU MAGNÉTISME TERRESTRE

(DÉCLINAISON, INCLINAISON ET INTENSITÉ);

PAR

M. LOUIS PÉRARD,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE.

« Si l'on considère l'intensité magnétique horizontale, en admettant la distinction des saisons, et en ayant égard à la variation diurne, on trouve des résultats assez remarquables »

(QUETELET, *Phys. du globe.*)

MÉMOIRE

ce répouse à la question mise au concours par la classe des sciences de l'Académie royale de Belgique, pour 1870, et conçue en ces termes :

« EXPOSER ET DISCUTER LES DIVERSES MÉTHODES PROPOSÉES POUR DÉTERMINER LES TROIS ÉLÉMENTS MAGNÉ » TIQUES DU GLOBE TERRESTRE : LA DÉCLINAISON, L'INCLINAISON ET L'INTENSITÉ, AINSI QUE LES VARIATIONS » SÉCULAIRES, PÉRIODIQUES ET DIURNES. »

TOME XXXVII.

PRÉFACE.

« La plupart des sciences, dit le docteur LAMONT, renferment un noyau » formé d'un certain nombre de propositions bien enchaînées. Ce noyau est » entouré d'une écorce constituée par une foule de propositions et de vues » sans corrélation, quelquefois sans existence essentielle.

» Dans quelques sciences, on est parvenu à séparer le noyau de l'écorce; » mais dans d'autres, la séparation n'est pas seulement difficile, elle est dan- » gereuse. Pour ne pas confondre avec l'écorce, certaines parties appartenant » au noyau, il faut procéder avec lenteur, avec l'assentiment simultané de » tous les chercheurs : autrement on s'expose à perdre sa peine et son temps.

» Je considère le magnétisme comme recouvert d'une écorce épaisse; et » la difficulté s'augmente encore du manque de division systématique (*). »

C'est surtout au chapitre du magnétisme terrestre que cet exorde, si juste d'ailleurs, est applicable. Il faut que l'intérêt de ce chapitre soit en réalité bien élevé pour expliquer la patiente ardeur avec laquelle de nombreux et savants observateurs enregistrent la succession des moindres faits, et préparent à nos descendants les moyens d'analyser l'écorce et le noyau. Il en sera probablement ainsi, tant que, pour observer le magnétisme terrestre, toutes les stations ne seront pas pourvues du même outillage et des mêmes procédés de travail; tant qu'il ne suffira pas d'avoir dressé un certain nombre de personnes à une série de manipulations méthodiques, essentiellement comparables; tant qu'il ne sera pas permis d'abandonner à des

(*) LAMONT, *Handbüch des Magnetismus.*

aptitudes de second ordre, la tâche ingrate de diriger et de recueillir les observations. Mais le noyau n'étant pas mûr, il reste attaché à son enveloppe par un tissu complexe, qui réclame à chaque instant le coup d'œil sûr et rapide du maître. La voie méthodique n'est pas encore créée pour l'exécution : de là la diversité des instruments d'analyse, le cachet particulier de chaque observateur. Chacun suivra une marche plus ou moins différente de celle des autres, jusqu'à ce qu'une heureuse coïncidence établisse la vraie ligne de démarcation entre les éléments variables et les éléments fixes, et fasse reconnaître une à une les composantes de la cause. L'illustre auteur de la *Physique du globe* a très-justement critiqué et jugé cet état de choses dans le passage suivant qui résume ce que nous venons de dire : « Pendant » longtemps les observateurs ont vécu isolés; ils communiquaient peu leurs » travaux, qui par là devenaient difficilement comparables : les méthodes » d'observer et les instruments d'ailleurs étaient presque toujours dissem- » blables, et ne permettaient pas de comparaisons entre leurs résultats. *Cet* » *état d'isolement était nécessairement funeste à la science* (*). »

Les choses sont heureusement modifiées, grâce à l'avancement des sciences; l'isolement n'est plus une nécessité. « Il est devenu facile, — » dit l'auteur que nous venons de citer (**), — de s'entendre avec d'autres » savants et de concerter ensemble ses recherches pour élucider un même » point scientifique, contre lequel venait échouer autrefois toute la capacité » d'un seul homme, quelle que fût son ardeur au travail. »

Et ce sera, pour l'auteur de ces textes, un immortel honneur, d'avoir réagi avec un immense succès contre le fâcheux isolement où se perdaient tant de connaissances utiles!

Est-il temps de réunir aujourd'hui dans un seul tableau tous les procédés appliqués à la recherche du magnétisme terrestre? Dans l'attente de nou-

(*) Quetelet, *Physique du globe*, p. 260 (1861).
(**) Idem, *Sciences math. et phys. au commencement du dix-neuvième siècle*, p. 11 (1869).

veaux progrès, n'allons-nous pas trop tôt dresser le plan du système actuel, et courir le risque de devoir bientôt le détruire ou tout au moins le modifier? Peut-être : mais le domaine est déjà si vaste qu'il n'est certainement pas inutile de le connaître, ne fût-ce que par une esquisse, pour en apprécier approximativement la valeur actuelle, et celle que pourront lui donner plus tard les nouvelles acquisitions. C'est pourquoi nous avons saisi avec empressement l'occasion que l'Académie nous offrait de traiter en corps de doctrine un sujet pour lequel nous avons certaine prédilection.

Cela ne veut point dire que nous nous dissimulions la difficulté et l'étendue du travail demandé par la savante Compagnie; cela ne veut point dire surtout que nous croyons avoir répondu à son appel par une œuvre achevée!

Nous ne savons que trop combien cet essai aurait à souffrir d'être comparé à ce qu'il devrait être, et même à ce qu'il pourrait être, si nous avions eu à notre disposition plus de temps, et les ressources convenables pour le compléter. Quoi qu'il en soit, la direction que nous avons prise nous laisse la conviction que cette ébauche pourra faciliter les recherches ultérieures sur le même sujet, et l'espoir qu'elle ne sera pas entièrement inutile.

Le physicien peut considérer la masse terrestre comme composée de deux parties. La première est d'une seule pièce, assemblée par la cohésion : c'est le globe proprement dit. La seconde est divisée en parties innombrables, détachées de la première. Ces deux parties de la masse terrestre possèdent un mouvement général commun, toutefois la seconde n'est pas en repos relativement à la première; elle est douée d'un nombre prodigieux de mouvements propres, mais nullement indépendants; tous ces corps agissent les uns sur les autres et sur le globe, et celui-ci sur eux.

Les actions mutuelles sont incessantes; elles changent de forme, leur intensité varie à l'infini : seule l'action intégrale est constante, et soumise à une loi fixe qui règle les transmissions comme les métamorphoses, les échanges quantitatifs, comme les échanges qualitatifs.

Le magnétisme est une des nombreuses formes de cette action générale. Elle possède des caractères stables et individuels qui ne permettent pas de la confondre avec les autres actions; elle en possède aussi d'instables, qui accusent ses relations et son affinité avec ces dernières.

C'est la séparation des caractères stables et des caractères instables, qui constitue la difficulté du problème poursuivi depuis près d'un demi-siècle, avec un zèle d'autant plus admirable, qu'il n'a pour mobile qu'un intérêt purement scientifique; car si la connaissance exacte des lignes de déclinaison est importante pour la navigation, son utilité s'arrête là; les autres éléments de la loi générale du magnétisme peuvent être regardés, jusqu'aujourd'hui, comme indifférents. Mais l'intérêt matériel immédiat n'est pas le point de vue exclusif de la science; elle poursuit la mission plus élevée et plus difficile de chercher toujours et de frayer de nouveaux chemins, « de » trouver — dit Helmholtz — les causes constantes des phénomènes. » Et c'est grâce à ce désintéressement que la science accable l'homme de trésors.

Les résultats des observations magnétiques sont figurés par trois systèmes de lignes nommées isogones, isoclines et isodynamiques, dont la forme change continuellement; de sorte que chaque dessin ne représente l'action magnétique qu'à un seul instant. Ainsi la carte des déclinaisons de Halley diffère de celle de Barlow; celle des inclinaisons de Hansteen est changée aujourd'hui. Les variations de l'intensité, bien que douteuses pendant longtemps, sont aujourd'hui parfaitement démontrées.

Et pourtant, de ces matériaux d'apparences si diverses, de composition si fugitive, on construira plus tard l'édifice complet et immuable de la théorie du magnétisme.

L'action du globe terrestre sur les corps magnétiques comporte, ainsi que toute force, trois éléments : l'intensité, la direction et le point d'application ou centre d'action. Pour déterminer l'action magnétique du globe, on a recours aux trois éléments fondamentaux : déclinaison, inclinaison, intensité.

La déclinaison a une grande importance pour la navigation et la géodésie : elle a été depuis longtemps l'objet d'observations très-attentives (*). L'inclinaison, depuis le commencement du dix-huitième siècle, a occupé aussi les physiciens (**). L'intensité a été négligée jusqu'au moment où le grand Humbolt en a signalé l'intérêt : c'est grâce à ses déterminations, augmentées de données partielles réunies par plusieurs physiciens, que Hansteen a pu faire l'essai d'une carte de lignes isodynamiques.

Voici le plan que nous avons adopté dans l'exposé qui va suivre :

Les aimants artificiels forment la base de tous les moyens qui servent à observer les éléments du magnétisme terrestre.

Dans les barreaux d'acier ou de fer doux, la force magnétique est susceptible de se distribuer suivant des lois beaucoup plus régulières que dans tous les autres corps, notamment dans les aimants naturels; l'orientation de la force y est accentuée et facile à déterminer dans la plupart des cas.

Cependant la régularité de la distribution et l'orientation peuvent être modifiées par diverses influences. C'est pourquoi il y a lieu d'étudier avec soin cette base de tous les instruments.

C'est là l'objet de la première partie de notre travail, qui comprend : l'étude de la distribution de la force dans les aimants artificiels; la théorie de l'induction magnétique, en rapport avec la communication et la conservation de la force; enfin la description sommaire des méthodes d'application de cette théorie à la confection des aimants artificiels, et la comparaison de ces méthodes.

La seconde partie se compose de l'examen théorique des problèmes que

(*) La première observation magnétique faite en Belgique, remonte au moins à l'an 1600. (*Physique du globe*, p. 125.)

(**) Ce n'est qu'en 1827 que l'inclinaison a commencé à être observée à Bruxelles par M. Quetelet.

comporte la recherche des éléments du magnétisme terrestre, à l'aide des aimants artificiels. Après avoir défini et mesuré les forces magnétiques, nous sommes parvenus à résoudre ces divers problèmes sous une forme très-élémentaire, en développant la conception, aussi commode qu'élégante, de l'aimant simple, analogue à celle du pendule simple.

Rien de plus facile ensuite, que de modifier les solutions ainsi trouvées, pour les appliquer aux aimants réels artificiels, en y introduisant tous les contingents nécessaires, tels que les moments magnétiques, les résistances des points d'appui ou des suspensions, les moments d'inertie et l'influence des variations de la température.

Enfin nous avons abordé le problème de l'intensité absolue, par l'action réciproque de deux aimants, premièrement par la méthode de Poisson, abandonnée d'abord, et puis reprise et si bien mise à profit par M. Lamont; ensuite par celle de Gauss, qui a été la première mise en usage.

Il ne nous restait plus qu'à montrer comment les théories qui précèdent sont appliquées dans les principaux observatoires, en décrivant les appareils et les procédés de lecture adoptés dans ces établissements. C'est ce que nous avons fait dans la troisième partie, où nous avons décrit les instruments les plus renommés de déclinaison, d'inclinaison et d'intensité. A propos de la description de l'inclinateur, nous avons exposé, en l'abrégeant à regret, la belle discussion analytique que Gauss a faite de cet instrument.

Dans cette troisième partie nous avons aussi consacré un chapitre aux instruments enregistreurs automatiques. Enfin, comme résumé synthétique, nous avons terminé par la description sommaire de deux observatoires, celui de Munich et celui de Bruxelles.

ÉTUDE SUR LES PROCÉDÉS

SUIVIS POUR DÉTERMINER

LES ÉLÉMENTS DU MAGNÉTISME TERRESTRE

(INCLINAISON, DÉCLINAISON ET INTENSITÉ).

PREMIÈRE PARTIE.

ÉTUDE DES AIMANTS ARTIFICIELS.

CHAPITRE I.

DISTRIBUTION DE LA FORCE.

1. Nous convenons de désigner sous le nom de *Barreau* une pièce prismatique ou cylindrique d'acier ou de fer doux, non magnétique, mais pouvant être destinée à le devenir; et nous appellerons *Aimant* un barreau d'acier devenu magnétique d'une façon permanente.

Nous entendrons par *Aimant simple* un appareil fictif formé de deux points magnétiques de polarités contraires, réunis par une droite, ou par un fil rigide sans pesanteur.

La définition d'un aimant simple rappelle celle du pendule simple; et, par extension d'analogie, nous pouvons regarder un aimant réel comme *composé* d'une infinité d'aimants simples.

2. Lorsque l'on coupe un aimant en deux parties égales, chaque moitié se comporte comme un aimant complet, et possède un pôle austral A, et un

pôle boréal B. Les deux moitiés, étant divisées à leur tour en deux parties égales, chacune de celles-ci offre encore les caractères d'un aimant complet. Il en est de même à la suite d'un grand nombre de divisions successives.

Il est permis de croire, d'après cela, que si l'on pouvait décomposer l'aimant primitif dans ses derniers éléments ou molécules, chaque molécule aurait son pôle austral et son pôle boréal, et constituerait un véritable aimant.

Tout aimant est donc constitué par une série ou chaîne d'*aimants élémentaires*, dont chacun possède une force propre (*).

3. La réunion de ces aimants élémentaires en un seul corps, c'est-à-dire l'opération inverse de celle que nous venons d'envisager, modifie-t-elle la force de chacun d'eux? Cette question mérite de nous arrêter. Pour la résoudre, plaçons, dans le prolongement l'un de l'autre, deux aimants AB, A'B' (fig. 1), ayant deux pôles contraires en regard, et à une certaine distance l'un de l'autre.

Approchons des deux pôles en regard B, A', une petite boussole d'épreuve *ab*. Le pôle *a* de celle-ci est attiré par son contraire B, et repoussé par A'. Si les pôles B et A' sont d'égale intensité, leurs actions sur le pôle *a* se détruisent à égales distances; mais s'ils sont d'intensités inégales, la boussole d'épreuve cède à l'action la plus énergique.

Si l'on rapproche l'un de l'autre les pôles B et A', la boussole d'épreuve nous apprend que leurs forces respectives augmentent; et il en est de même des pôles extrêmes et opposés A et B'.

Les deux pôles voisins B et A' agissent immédiatement l'un sur l'autre; mais l'action réciproque des pôles extrêmes A et B' peut n'être que médiate ou indirecte.

(*) En réalité on ne peut décomposer un corps en molécules, ni étudier l'état magnétique de celles-ci. Mais Plücker (*Ann. de Poggendorf*, t. LXXIV), ayant réduit du fer en poudre, et l'ayant mélangé avec une substance non magnétique, de la cire, par exemple, de sorte que les particules fussent assez éloignées pour ne pas s'influencer mutuellement, a trouvé que le magnétisme de l'aimant ainsi formé, est proportionnel au nombre des particules magnétiques, c'est-à-dire à la masse. Le même physicien a composé des solutions de fer de même masse et de richesses différentes; il les a soumises à une même force magnétique : la force attractive était toujours proportionnelle à la quantité de fer contenue dans la solution.

4. Établissons le contact des pôles A′ et B supposés d'égale intensité. Le milieu [B ou A′] de la barre totale AB′, possède autant de magnétisme austral que de magnétisme boréal : les actions contraires des deux pôles confondus se neutralisent. La base commune des deux aimants devient neutre, comme le milieu d'un aimant unique, mais les deux pôles extrêmes A et B′ se trouvent renforcés.

5. Des expériences que nous venons de rappeler, il résulte :

1° Qu'un aimant brisé donne deux aimants;

2° Que toute modification de l'un des pôles d'un aimant entraîne une modification correspondante de l'autre pôle;

3° Que deux aimants réunis bout à bout par leurs pôles contraires, en forment un seul.

6. La réunion de deux aimants, faite dans l'ordre indiqué (n° 4), accroît leur force, mais la force nouvelle de chaque nouveau pôle n'est point la somme des forces primitives des pôles primitifs de même nom.

Donc une partie seulement de leur force totale est libre, c'est-à-dire, en état de produire des effets extérieurs; le reste est neutralisé. C'est comme un système de forces, comprenant un système partiel de forces en équilibre, et un autre système partiel de forces ayant une résultante.

En les séparant de nouveau, on annule l'augmentation de force qui existait pendant leur union : chacun des aimants revient à son état magnétique primitif.

L'influence réciproque des deux aimants rapprochés ou réunis laisse donc à chacun son magnétisme propre; il n'y a point de transmission de l'un à l'autre. Il en est de même assurément de tous les éléments qui composent chacun d'eux, et l'on peut énoncer cet autre théorème :

Les forces magnétiques appartenant aux molécules d'une barre d'acier ne s'en séparent point.

7. Faisons maintenant une expérience inverse. Rapprochons deux aimants, disposés dans le prolongement l'un de l'autre, de manière à ce que les pôles de même nom B et B′ (fig. 2) soient en regard. En les explorant

avec la boussole d'épreuve, on trouve que le pôle B′ de l'aimant A′B′ a diminué d'intensité; il en est de même du pôle A′.

Si les deux aimants AB et A′B′ avaient primitivement la même intensité, ils sont neutralisés. Si l'un était plus fort que l'autre, il n'agit plus qu'en vertu d'une force moindre, sur l'aiguille d'épreuve; et dans ce cas, lorsque les pôles de même nom sont suffisamment rapprochés, ils peuvent s'attirer au lieu de se repousser. C'est qu'alors l'aimant AB développe par son pôle boréal B, du magnétisme austral en B′, et du boréal en A′; c'est-à-dire des forces antagonistes des forces primitives. Si ces forces ne se neutralisent pas, l'action libre est une différence, qui peut être en faveur des forces nouvelles.

Cette inversion des pôles ne peut se faire qu'à de petites distances. Elle persiste pendant toute la durée du contact des aimants ainsi disposés; c'est-à-dire que si l'aimant AB est le plus fort, il se forme en A′ un pôle boréal à la place du pôle austral qui existait. La séparation des deux aimants restitue à chacun son état magnétique propre; il en est de même de tous les éléments qui composent chacun d'eux, de sorte que l'on peut encore énoncer, dans ce cas, le théorème du numéro précédent, et considérer le nouvel ensemble des forces, pendant la réunion, comme composé d'un système partiel en équilibre et d'un système partiel ayant une résultante.

8. Les expériences que nous venons de rappeler permettent de se représenter la constitution des aimants artificiels et la distribution du magnétisme dans leurs différentes parties.

Considérons une série AB de molécules magnétiques $m_0 m_1 m_2 \ldots\ldots m_x$, ayant, chacune, son pôle austral et son pôle boréal, le premier désigné par une lettre a, le second par une lettre b, affectée du même indice que la molécule (fig. 3).

Supposons d'abord ces molécules d'égale intensité et orientées toutes dans le même sens. Les deux premières m_0 et m_1 forment un premier système dans lequel les pôles b_0 et a_1 sont neutralisés, et les pôles a_0 et b_1 sont renforcés. Accouplons le système $(m_0 m_1)$ avec m_2 : les pôles en regard b_1 et a_2 étant d'inégale force, ne se neutralisent pas parfaitement; il y a, au point de réunion, un excès de force boréale, et en même temps un accroissement de

force des pôles libres a_0 et b_2, ensuite duquel a_0 possède un excès de force australe.

En multipliant la combinaison des systèmes, c'est-à-dire, en allongeant la série à partir de son extrémité A, l'excès de magnétisme austral devient plus fort à cette extrémité, et va en diminuant, tandis que l'excès de magnétisme boréal va en croissant et devient le plus fort à l'autre extrémité B de la série.

Les molécules magnétiques agissent donc par leur nombre, comme les éléments d'une pile disposée en *tension*.

La série décroissante de l'intensité australe et la série croissante de l'intensité boréale forment un *nœud* d'intensités égales et contraires, appelé le point neutre de l'aimant.

Si les molécules magnétiques n'étaient pas d'égale intensité, ou si un certain nombre d'entre elles se trouvaient orientées en sens inverse, de manière à mettre en contact des pôles de même nom, les deux séries australe et boréale pourraient ne plus être ordonnées, l'une suivant les intensités décroissantes, et l'autre suivant les intensités croissantes. Alors, au lieu d'un seul nœud d'intensités égales et de noms contraires, elles pourraient en avoir plusieurs : de là les pôles intermédiaires nommés *points conséquents*.

Un faisceau cylindrique ou prismatique de séries moléculaires magnétiques, telles que AB (fig. 3), avec un seul nœud au milieu de chaque série, constitue seul un aimant convenable pour les observations dont nous avons à nous occuper dans ce travail. Cette constitution régulière, symétrique, est donc le but que l'on doit se proposer en choisissant une méthode pour confectionner les aimants artificiels.

CHAPITRE II.

INDUCTION ET CONSERVATION DU MAGNÉTISME.

9. On appelle *induction* l'influence réciproque, soit de deux aimants élémentaires ou réels, soit d'un aimant sur un barreau quelconque, d'acier ou de fer doux.

Ainsi, dans un aimant artificiel, chaque molécule ou élément magnétique d'une série, outre son magnétisme *propre* ou *inhérent*, possède une énergie magnétique *induite*, c'est-à-dire due à l'induction des éléments voisins.

Dans les expériences citées (n^os^ 4 et 7), l'action n'étant que passagère, on a trouvé que les aimants reprennent leur état magnétique primitif après qu'ils ont été séparés. Il n'en serait pas de même si cette action se prolongeait : alors l'état primitif changerait. Le magnétisme inhérent augmenterait ou diminuerait d'une certaine quantité, due à l'induction, et qui deviendrait à son tour inhérente.

Nous avons besoin, pour la suite de ce travail, de connaître exactement les phénomènes qui se présentent alors; à cet effet citons encore quelques expériences.

10. Suivant le prolongement, et très-près d'un aimant AB, plaçons un barreau de fer doux *ab* (fig. 4). Celui-ci devient presque instantanément magnétique : son extrémité *b* prend la polarité boréale, A étant un pôle austral; l'extrémité *a* devient australe.

Si le barreau *ab* est approché de AB jusqu'au contact, il forme avec celui-ci un aimant unique. Retirons et éloignons *ab* du voisinage de l'aimant; le barreau de fer doux rentre dans son état primitif, et il perd son magnétisme, sinon instantanément, du moins aussi vite qu'il l'avait acquis.

11. Au lieu du barreau de fer doux *ab*, soumettons un barreau d'acier à la même expérience. Ce barreau d'acier *ab* devient aussi magnétique, mais non pas immédiatement. Il s'aimante graduellement. Quant à la polarité des extrémités, elle est la même que précédemment. Après que l'influence de AB sur *ab* a eu une durée suffisante, retirons et éloignons ce dernier : il ne rentre pas dans son état primitif. Il reste magnétique et conserve les pôles qu'il a acquis sous l'influence de AB.

Il est vrai qu'au bout d'un certain temps on remarque dans le nouvel aimant *ab*, une diminution de force, mais non pas une disparition complète.

12. De plus, dans le barreau de fer pur *ab*, soumis à une faible distance à l'influence de l'aimant AB, la force magnétique est régulièrement distribuée : la section neutre est unique, et sensiblement au milieu de la longueur du barreau, si le fer est bien homogène.

Dans le barreau d'acier *ab*, soumis à la même induction, même au contact, la section neutre n'est pas au milieu de la longueur; elle est plus rapprochée du pôle inducteur voisin. Si la durée de l'influence se prolonge, la section neutre s'achemine graduellement vers le milieu, mais ne l'atteint jamais, *à moins que le barreau* ab *ne soit très-court*. Enfin on peut remarquer plusieurs sections neutres, c'est-à-dire des pôles intermédiaires ou points conséquents.

13. Le fer doux et l'acier offrent donc, sous le rapport de l'induction magnétique, une différence importante qui porte sur la vitesse de l'acquisition du magnétisme, sur la vitesse du retour à l'état primitif, et sur la répartition de la force dans la masse du barreau induit. La régularité que l'on remarque dans les barreaux d'acier de peu de longueur, porte à croire que la différence se réduirait à la seule vitesse d'acquisition et de déperdition, si l'induction pouvait s'effectuer sur une molécule isolée d'acier ou de fer pur.

D'ailleurs, la différence dont il s'agit a des degrés qui dépendent de la constitution physique ou chimique du fer et de l'acier; les caractères qui constituent cette différence n'ont rien d'absolu. On peut les exprimer en disant que le fer le plus pur est le *meilleur conducteur du magnétisme;* que l'acier est *mauvais conducteur,* et, par cela même, *un bon réservoir* de magnétisme.

La faculté d'induction serait parfaite dans un barreau où le magnétisme induit pourrait varier proportionnellement à la force inductrice; or cette loi simple ne se vérifie pas. Non-seulement une force inductrice double ne développe pas une force magnétique double; mais l'influence est limitée, et au delà de cette limite, l'accroissement de force inductrice est sans effet. Plus le fer est pur, plus est grande sa faculté d'induction.

La faculté de conservation serait parfaite si tout le magnétisme induit persistait dans le barreau qui a été soumis à l'influence inductrice; mais il n'en est pas ainsi. L'acier en perd toujours une partie plus ou moins grande, suivant sa composition; d'un autre côté, le fer possède, à un certain degré, le pouvoir de conservation.

La faculté d'induction et celle de la conservation dépendent du temps durant lequel la cause inductrice s'est exercée. Mais relativement au temps,

elles ont aussi une limite qu'elles atteignent plus ou moins vite, suivant l'intensité de la cause inductrice.

14. Si la barre d'acier *ab* est déjà aimantée, avant d'être soumise à l'influence de AB, nous avons vu que l'intensité de ses pôles s'accroît (n° 4), lorsqu'elle est placée vis-à-vis de l'inducteur AB, dans la position indiquée (fig. 4); et que cette intensité décroît (n° 7), dans la position inverse.

Si l'action inductrice est passagère, elle ne laisse pas de trace sensible, dès qu'elle a cessé. Mais si elle persiste pendant quelque temps, la variation croît avec la durée de l'influence jusqu'à une certaine limite; et alors, après l'interruption de l'influence, le changement persiste aussi. Il en est de même des variations subies simultanément par l'aimant inducteur AB.

La grandeur du changement et sa persistance dépendent, et de la faculté d'induction, et de la faculté de conservation; en un mot, de la *conductibilité plus ou moins bonne*, du morceau d'acier, pour le magnétisme.

15. Ainsi généralement le magnétisme propre des aimants artificiels est instable. Cette instabilité a pour origines : 1° la diminution spontanée qui succède à la réception, quand la source a cessé d'agir; 2° l'induction variable due au voisinage accidentel d'autres aimants. Il y a encore d'autres influences que nous devrons étudier plus loin.

Ces causes d'instabilité, corrélatives de la conductibilité d'un barreau pour le magnétisme, jouent un certain rôle dans les indications de nos instruments. La stabilité, aussi importante que la régularité, est le but que l'on doit se proposer dans le choix de la matière destinée à confectionner les aimants.

Pour aimanter un barreau de fer, qui est bon conducteur du magnétisme, il suffit de présenter à l'une de ses extrémités un pôle inducteur : le magnétisme se développe aussitôt dans toute l'étendue du barreau, d'autant plus rapidement que le fer est plus pur; il se répartit d'autant plus régulièrement que le fer est plus homogène. Mais la stabilité y est presque nulle. Pour aimanter un barreau d'acier, qui est mauvais conducteur du magnétisme, il est nécessaire de prolonger l'action inductrice; le meilleur acier est celui dans lequel la force propre, une fois acquise, est le moins exposée à varier. Mais pour que la force se distribuât régulièrement, il faudrait que la source inductrice

pût s'appliquer également à chaque molécule du barreau à aimanter (*), et que celui-ci fût bien homogène. La méthode la plus efficace est celle par laquelle on parvient le plus près de ce but idéal.

CHAPITRE III.

AIMANTATION.

16. Supposons que l'on ait choisi un barreau d'acier, dont la nature se prête le mieux à la conservation du magnétisme, et qu'il soit parfaitement homogène. Il résulte des faits exposés dans les deux premiers chapitres, que les procédés d'induction, soit par la terre, soit par simple approche au contact d'un aimant, sont, dans la plupart des cas, insuffisants pour aimanter régulièrement le barreau.

Ce système, lent d'ailleurs, ne pourrait réussir que sur des aiguilles très-courtes. On l'améliorerait en établissant un contact double et symétrique, c'est-à-dire, en plaçant le barreau *ab,* entre les deux pôles contraires de deux aimants A′B′ et AB (fig. 5) d'égale intensité. C'est le premier pas vers le système dit des *Magasins,* qui, en abrégeant l'opération, donne à la fois plus d'énergie et de régularité au résultat.

Cependant si le barreau était long et très-dur (très-mauvais conducteur), et les aimants inducteurs faibles, cette méthode, tout en formant une section neutre au milieu du barreau, pourrait ne pas éviter l'existence de points conséquents dans chaque moitié.

17. Il importe, pour obtenir promptement un aimant énergique et régulier, de multiplier les points de contact entre l'inducteur et le barreau (n° 15); et d'observer, dans la succession des contacts, une symétrie aussi rigoureuse que possible (n° 8).

(*) Ces conséquences de la bonne et de la mauvaise conductibilité des corps sont générales pour toutes les forces physiques; elles se vérifient pour l'élasticité, la chaleur, etc.

Cette considération est le point de départ du système des frictions de l'inducteur sur toutes les faces latérales des barreaux prismatiques. Le premier pas dans cette voie est la méthode connue sous le nom de *simple touche;* elle s'est transformée, en se perfectionnant, dans la méthode de la *double touche séparée,* et enfin dans celle de la *double touche simultanée,* ou double touche proprement dite.

Chacune de ces méthodes comprend une variété de procédés; nous ne mentionnerons d'une manière spéciale que ceux qui présentent un intérêt direct pour la confection des instruments dont nous avons à nous occuper.

18. *Simple touche.* — Le barreau d'acier *ab* (fig. 6) étant placé horizontalement, on applique en son milieu, un pôle (A par exemple), de l'aimant inducteur tenu verticalement. L'induction tend à former, aux extrémités du barreau, deux pôles, tous deux de même nom que A. Mais on fait glisser l'aimant, toujours tenu vertical, du milieu jusqu'à l'extrémité *b* du barreau; toutes les molécules sur lesquelles passe le pôle A subissent une inversion de polarité, et il se forme finalement en *b* un pôle opposé à A.

Pour que le magnétisme soit régulier dans les deux moitiés du barreau, on rapporte l'aimant au milieu, après l'avoir retourné, et le pôle B appliqué sur le barreau glisse à son tour vers l'extrémité *a*.

Cette friction sur chaque moitié du barreau est répétée autant de fois qu'il est nécessaire, pour parvenir à la limite du pouvoir inducteur, en d'autres termes pour saturer le barreau. Si celui-ci est mince, on applique la simple touche sur les deux faces latérales opposées; s'il est épais, on l'applique sur les quatre faces latérales.

19. Biot et, après lui, la plupart des manuels de physique n'attachent qu'un médiocre intérêt à la simple touche (*), surtout pour les barreaux durs et longs. Ce physicien reproche à cette méthode la formation des deux pôles semblables aux deux extrémités du barreau, et celle d'un pôle unique, opposé au pôle inducteur, au milieu. En effet chaque friction ne rétablit l'orientation voulue des éléments magnétiques que par un renversement de la polarité déjà acquise. Aepinus lui reproche également l'impossibilité d'avoir

(*) Biot, *Traité de physique*, t. III, pp. 48 et suivantes.

une répartition symétrique, et l'existence de la section neutre plus près de l'extrémité touchée en dernier lieu (*).

D'un autre côté, M. Lamont, dont l'autorité est grande en matière d'appareils magnétiques, s'exprime ainsi : « On accorde peu de valeur à l'aimantation par simple touche; cependant en pratique, ce procédé n'est pas » seulement commode, mais il est susceptible, à l'aide de forts aimants, » d'en former de très-bons. Tout constructeur qui s'occupe de la fabrication » d'instruments magnétiques, devrait suspendre verticalement, dans son » atelier, une paire de grands aimants dont la base reposerait sur un contact fixe; les extrémités supérieures seraient munies d'un contact mobile. » Pour aimanter une petite aiguille, il suffirait d'enlever le contact supérieur, » et de la faire glisser sur les pôles des barreaux..... L'effet signalé par » Aepinus ne vient que de l'emploi d'inducteurs trop faibles ; je puis affirmer, » par ma propre expérience, que ce défaut est insensible, lorsqu'on emploie » des aimants inducteurs très-forts. »

Nous aurons à rappeler plus loin ce jugement important; nous nous bornons ici à remarquer qu'il se rapporte à l'aimantation des aiguilles légères. Pour des barreaux de fortes dimensions, le procédé doit être abandonné.

20. *Double touche séparée.* — Ce procédé n'est autre chose que celui de la simple touche, appliquée en même temps, à l'aide de deux aimants inverses et de même force, sur les deux moitiés de la longueur du barreau. L'opération se termine aux extrémités de celui-ci; elle doit être faite sur chaque face.

Les nuances pratiques par lesquelles ce procédé varie, portent sur le degré d'inclinaison des aimants sur le barreau, depuis la position perpendiculaire jusqu'à la position tangentielle, et sur la distance qui doit séparer les pôles placés en regard, au milieu du barreau.

La position tangentielle a été appliquée avec succès par Knight à des barreaux de peu de longueur. On conçoit que l'on évite ainsi l'effet de la première induction qui s'exerce lors du placement de l'inducteur au milieu de la barre, et par suite, le renversement de cet effet par la friction; l'opéra-

(*) Cité par M. Lamont, *Handbüch des Magnetismus*, p. 225.

tion doit gagner en rapidité et en efficacité. Mais ce procédé de KNIGHT ne paraît pas avoir réussi pour aimanter de longs barreaux, et surtout des barreaux plus longs que les aimants.

Quant à la distance des pôles inverses à l'origine de la friction, elle n'est pas indifférente. Dans cette position, les deux aimants s'influencent réciproquement avec une énergie variable suivant la distance; de sorte que, pendant la friction, la richesse des sources inductrices se modifie à chaque instant : c'est ce qu'il faut éviter autant que possible, et pour cela, l'origine des frictions, de part et d'autre du milieu du barreau, est fixée à une petite distance de ce milieu.

Il importe aussi que les deux aimants employés à cet usage soient de même force, par conséquent de même grandeur, de même acier, et conservés dans une cassette de bois, disposés parallèlement en sens inverse, avec deux contacts de fer doux appliqués aux extrémités.

C'est la méthode de la double touche qu'a employée M. QUETELET dans ses recherches sur l'influence du nombre de frictions.

21. *Double touche simultanée.* — Dans la méthode de la double touche simultanée, il semble que l'on ait eu en vue d'accroître le pouvoir inducteur par l'accouplement de deux aimants disposés parallèlement avec leurs pôles inverses en regard (n° 3).

Sur le barreau *ab* (fig. 7) on dispose perpendiculairement un système de deux aimants AB, A'B', ayant leurs pôles contraires juxtaposés. Ces deux aimants sont maintenus à une distance uniforme par des cales de bois K, K', et frettés par des lames de cuivre. Les projections c et c' des pôles A et B' sont également distantes du milieu m du barreau.

Dans cette position initiale $\beta_1\alpha_1$, les pôles inducteurs font naître directement en dessous d'eux les pôles inverses $\beta_1\alpha_1$; la série moléculaire propage cette influence dans les deux sens jusqu'aux bouts du barreau, a et b, où l'on reconnaît des pôles respectivement inverses de B' et de A.

Lorsque ceux-ci sont amenés en glissant dans la position voisine $\beta_2\alpha_2$, la même influence et le même effet se continuent; l'action directe de l'inducteur sur la série moléculaire comprise entre les projections de ses pôles, s'ajoute à la précédente. Il en est de même jusqu'à l'extrémité a du barreau, et le

pôle primitivement formé en ce point, par transmission, se renforce de plus en plus, à mesure que le centre d'action s'en approche.

On ramène le système AB′, toujours glissant le long du barreau jusqu'à l'autre extrémité *b;* puis de là on revient encore en *a,* et ainsi de suite; on termine l'opération au point de départ, et on la répète sur chacune des faces du barreau.

On conçoit qu'il existe aussi des actions secondaires, dont les effets sont opposés à celui que nous venons de considérer; mais elles sont compensées par le mouvement alternatif, et toujours symétrique du système AB′.

Les variétés de cette méthode portent principalement sur l'inclinaison des aimants AB, A′B′, et sur la grandeur de leur écartement au moyen des cales K et K′.

Les aimants inclinés en sens inverses présentent la forme d'un V très-ouvert, dont l'angle est coupé par la cale inférieure. Les pôles supérieurs peuvent être réunis par un contact, et recevoir ainsi une augmentation de force qui se transmet aux pôles agissants A et B′ (n° 5). Il suit de là qu'un aimant double serait avantageusement remplacé par un aimant en fer à cheval.

Quant à l'écartement des pôles agissants, ou des branches du fer à cheval, l'expérience n'est point encore parvenue à le déterminer. Nul doute qu'il ne soit une certaine fonction de la force de l'inducteur, et qu'il n'ait une part d'influence dans l'efficacité de la méthode.

22. *Remarque générale.* — C'est ici le lieu de placer une observation qui s'applique à tous les procédés que nous venons de passer en revue. Dès 1833, M. Quetelet a démontré l'utilité des frictions faites sur toutes les faces du barreau (*). La pièce soumise aux expériences avait $0^m,150$ de long, $0^m,015$ de large et $0^m,007$ d'épaisseur. Après 24 frictions sur les deux faces larges, l'aimant obtenu fit 10 oscillations en $145'',8$; et 24 nouvelles passes ajoutées sur les autres faces donnèrent 10 oscillations en $127'',5$. Donc le rapport des intensités était $\frac{6,1586}{4,7445} = 1,3$ environ.

Moser a également signalé ce fait (**).

(*) *Ann. de chim. et phys.*, t. LIII, p. 261; 1833.

(**) *Répertoire de phys.*, t. II.

23. *Magasins.* — L'addition d'aimants fixes (n° 16), adoptée par Michell, donne, par toutes les méthodes, un avantage sous le rapport de la régularité, de la force et de l'économie de temps. Cette indication est conforme aux observations rapportées dans le premier chapitre.

On obtient le plus grand développement de l'induction moléculaire en formant une figure fermée avec les barreaux à aimanter, et en y appliquant la *touche circulaire*, simple ou double, avec des aimants droits, ou bien en fer à cheval, comme l'ont fait Hoffer et Mohr (*) : le premier surtout suivait cette marche, non-seulement pour se procurer des aimants en fer à cheval, mais aussi pour obtenir vite de bons aimants droits.

M. Lamont recommande, pour aimanter les grands barreaux, d'employer des aimants assez forts, et de ne jamais opérer sur un seul barreau, mais au moins sur deux à la fois, et même sur quatre disposés en rectangle (fig. 8). Un des pôles de l'aimant inducteur est appliqué en un point α, et conduit, dans le même sens, un certain nombre de fois sur les quatre côtés du rectangle, pour finir au point de départ α.

24. *Choix de l'aimant inducteur.* — Michell recommandait de ne pas exagérer la force des aimants inducteurs, et de la proportionner à la grandeur des barreaux. Fuss a même prétendu que l'aimantation est plus facile à l'aide d'inducteurs faibles qu'à l'aide d'inducteurs énergiques. Biot attribuait plus d'efficacité aux lames assemblées en faisceaux qu'aux gros aimants d'une seule pièce. M. Lamont confirme cette dernière manière de voir en indiquant la manière de se procurer un aimant inducteur puissant : il applique sur les deux faces d'un aimant de 12 kilogrammes deux aimants un peu plus courts, reliés par des frettes de cuivre $\alpha\beta\gamma$. Ces trois aimants sont séparés par l'interposition de plaques de laiton. Cet appareil reste suspendu au plafond de l'atelier (fig. 9).

M. Lamont est d'ailleurs partisan des inducteurs puissants. Michell et Fuss n'ont pas fait connaître les circonstances sur lesquelles se fondait leur opinion : il est probable qu'ils y ont été amenés par la perte rapide qui se fait dans les aimants nouvellement fabriqués, perte d'autant plus considérable que l'aimantation est plus forte, pour une dureté donnée de l'acier.

(*) *Zeitschrift für phys. ü. verw. Wissenschaften*, t. II et III.

25. *Échauffement des barreaux.* — Pour faire agir la source avec plus d'intensité, on élève la température du barreau, avant de le soumettre aux frictions. On n'est point d'accord sur le degré d'échauffement le plus convenable; toutefois il paraît évident qu'il ne faut pas l'élever jusqu'au point où la dureté du métal s'altère. Mais, tandis que les uns prétendent que la chaleur de la main suffit, d'autres, notamment M. Lamont, conseillent de s'approcher très-près de la limite où la trempe a été faite. Ainsi les barreaux trempés durs devraient être chauffés moins que ceux qui ont été ramenés au bleu.

L'acier porté au rouge est dans une condition très-voisine de l'induction parfaite; si l'on pouvait le tremper raide pendant que le barreau est soumis à l'influence de la source, il passerait subitement à la condition de conservation parfaite. Si cette marche pouvait se réaliser, elle serait, certes, la plus logique et la plus efficace. Il resterait à s'assurer si le résultat satisfait à l'importante condition de la symétrie magnétique, en supposant que l'on puisse réaliser la méthode par une manipulation simple. M. Aimé a décrit un procédé tendant à ce résultat (*).

26. L'inversion des pôles avait été indiquée comme devant accroître l'énergie magnétique des barreaux. Cependant le peu d'expériences destinées à éclaircir ce point n'avaient donné que des résultats contradictoires, avant les recherches méthodiques de M. Quetelet. Les données positives et constantes qui ressortent du travail du savant directeur de l'Observatoire de Bruxelles, établissent à l'évidence le fait que l'inversion des pôles diminue toujours l'énergie des barreaux (**); aucune des idées théoriques reçues ou proposées ne tend à démontrer le contraire.

Il est remarquable cependant, qu'après un certain nombre de renversements, la diminution d'énergie devient moins rapide et s'arrête même au bout d'un certain nombre de séries, à tel point que le barreau aimanté conserve un état presque constant. Le renversement répété de la polarité d'un aimant aboutirait donc à la stabilité du magnétisme, qualité si désirable dans les instruments destinés aux observations magnétiques, surtout en voyage.

(*) *Poggendorfs Ann.*, t. LXXXV. — *Ann. de chim. et phys.*, t. LVII.
(**) *Ann. de chim. et phys.*, t. LIII, p. 265.

27. *Choix de l'acier.* — Suivant la plupart des expérimentateurs, la qualité de l'acier est assez indifférente, pourvu que la barre soit bien homogène.

C'est à la trempe que l'on reconnaît si la constitution moléculaire est homogène ou non. La trempe n'est jamais uniforme si cette constitution ne l'est pas, et alors l'aimantation est difficile et faible, en tout cas irrégulière.

Hoffer recommande l'acier de *Styrie*, surtout, dit-il, pour les aimants en fer à cheval. Gauss préférait celui de *Bulat* (Oural). On attribue à ce dernier la propriété de ne pas être affecté par les variations de température, lorsqu'il est aimanté; mais suivant Sabine, il exige pour cela, dans le travail de forge, un tour de main, qui n'est connu qu'aux lieux où on le produit. Ce savant en avait rapporté à Londres une barre, dont il avait constaté la propriété remarquable; après l'avoir fait forger, il n'en avait pu obtenir que des aimants aussi sensibles que les autres à l'action de la chaleur.

L'acier de *Bulat* est un corroyé de lames d'acier et de fer doux : le magnétisme, qui diminue dans l'acier, augmente, au contraire, dans le fer doux, lorsque la température s'élève : ces deux effets se compensent.

Il ne paraît pas que cet acier ait d'autre avantage que celui-là : Michell, Baumgartner et M. Lamont pensent qu'il ne peut pas servir à confectionner des aimants forts. On conçoit d'ailleurs que cette constitution complexe, aussi bien que la discontinuité (par exemple une trop grande porosité, et surtout des soufflures), est un obstacle à la propagation régulière du magnétisme, et doit faire naître des aimants partiels, et des points conséquents.

Or la distribution régulière et symétrique est une condition essentielle pour les appareils dont nous nous occupons. La finesse du grain et la grande densité sont les indices de l'acier le plus avantageux : la densité ne doit pas être inférieure à 7,79 et s'approcher autant que possible de 7,93.

Le bon acier fondu anglais satisfait le plus souvent à cette règle. Il reste à veiller à ce que, pendant le travail de forge, ses bonnes qualités ne soient pas altérées par une main inexpérimentée ou négligente; l'opération de la trempe est une des plus difficiles, surtout pour les gros barreaux.

28. *Trempe de l'acier.* — La dureté de l'acier a une assez notable in-

fluence sur le magnétisme qu'il peut recevoir et conserver. Pour obtenir la trempe la plus raide, on chauffe *très-uniformément* l'acier fondu au rouge brillant, l'acier ordinaire au blanc, puis on plonge la barre subitement dans une grande masse d'eau froide.

Pour obtenir des degrés de trempe moins élevés, on recuit lentement le barreau après la trempe raide, jusqu'à une température plus ou moins élevée, que l'on désigne par la couleur que prend le métal, jaune-paille, bleu, etc. On peut arriver aux degrés moindres de la trempe, sans passer par le plus élevé; pour cela, on fixe les températures au moyen de bains bouillants ou de bains de fusion, par exemple, d'huile, de plomb, etc. Mais cette méthode n'a qu'une valeur relative; pour un artiste habile, la première est la plus sûre. Elle rend d'ailleurs plus facile le redressement des barreaux, qui sont toujours courbés par la trempe.

Quel est le degré de trempe le plus convenable au point de vue du magnétisme? En 1789, Coulomb avait signalé la trempe raide (rouge brillant), et le refroidissement à partir du rouge brillant, comme également défavorables au développement du magnétisme. Ce physicien a reconnu que le magnétisme augmente avec le recuit jusqu'au rouge obscur, et diminue ensuite : il a adopté le jaune-paille comme degré de recuit le plus convenable, et ce résultat a été confirmé par Hansteen. Toutefois Coulomb le trouvait un peu modifié à l'égard des aiguilles légères, et préférait, pour ces dernières, la trempe raide.

Suivant M. Lamont, non-seulement l'acier le plus dur est le plus difficile à saturer, mais sa déperdition n'est ni moins rapide, ni moins prolongée que celle de l'acier revenu au bleu. De plus, les aimants très-durs sont beaucoup plus sensibles aux variations *brusques*, même faibles, de la température.

L'influence des variations de température est la plus grande pour les aimants les plus durs, mais seulement dans les trempes les plus fortes; car un aimant trempé au bleu est aussi sensible qu'un aimant non trempé.

Dans les gros barreaux, la trempe reste superficielle, ou du moins n'atteint qu'une faible profondeur. Pour que la couche durcie ait une épaisseur

uniforme et symétrique, on conçoit que l'homogénéité du métal et la régularité du chauffage sont indispensables.

Toutes ces conditions touchent immédiatement à celle de la répartition symétrique du magnétisme.

28. *Forme des barreaux.* — On donne ordinairement aux aimants artificiels la forme de parallélipipèdes. Quand on veut observer à l'œil les oscillations des aiguilles légères, on les découpe en losanges allongés; mais on supplée aux pointes, pour les gros aimants, par des réticules appliqués aux extrémités.

Les relations entre la longueur et les dimensions transversales sont très-variables; on recommande la plus grande longueur compatible avec la rigidité, pour les observations terrestres. Cette règle est justifiée par les expériences de Coulomb : la force directrice des aimants croît au moins proportionnellement à leur longueur, et même proportionnellement au carré de leur longueur, quand ils sont très-courts.

On peut ajouter à cette observation que plus l'aimant est long, plus son axe magnétique se rapproche de l'axe de figure, pour une même section.

La largeur est ordinairement, d'après M. Lamont, le $\frac{1}{12}$ de la longueur; pour les plus légers, l'épaisseur est le $\frac{1}{8}$, et pour les plus grands, le $\frac{1}{3}$ de la largeur.

Hansteen donnait la préférence à la forme cylindrique. A l'exemple du grand physicien danois, de Duperrey et de Sabine, M. Quetelet s'est servi d'aiguilles cylindriques de 66 millimètres de long sur 4 de diamètre, dans ses explorations magnétiques en Allemagne, et en Suisse en 1827, et à deux reprises en Italie en 1830 et 1839 (*).

La forme cylindrique est plus facile à obtenir sans défaut par les moyens mécaniques de nos ateliers. Peut-être est-elle moins sujette à s'altérer par la trempe. Le calcul du moment d'inertie d'un barreau cylindrique, à l'aide de son poids et de ses dimensions, offre le moins de chances d'erreurs.

Tels en sont, croyons-nous, les seuls avantages. M. Lamont les rejette, à cause de la difficulté de *les tremper uniformément*, et de les aimanter régulièrement.

(*) *Nouveaux mémoires de l'Académie de Bruxelles*, t. VI-XII-XIII.

Les appareils fixes de l'Observatoire de Bruxelles ont d'ailleurs, depuis 1828 (*), des aimants parallélipipédiques; et un usage très-général les a sanctionnés.

30. *Masse des barreaux.* — En général les observateurs attachent une grande importance à la grandeur des aimants. Ils considèrent les grands aimants comme plus sensibles que les petits, les premiers pouvant faire connaître des variations que les seconds ne peuvent accuser. Cette idée est fondée sur ce que les aiguilles légères sont dans un perpétuel état d'agitation que les gros aimants n'éprouvent pas aussi facilement; cet état peut masquer les mouvements dus aux influences magnétiques. Le courant d'air, les vibrations du sol, etc., sont des causes perturbatrices extra-magnétiques.

Mais si l'on parvient à éliminer ces perturbations étrangères au magnétisme, rien ne s'oppose à ce que l'on préfère se servir d'aimants légers, comme l'a fait M. Lamont; car ils indiquent tout aussi exactement que d'autres la direction du méridien magnétique, et lorsqu'ils sont écartés de cette direction, ils y reviennent plus rapidement.

Or l'expérience a prouvé à M. Lamont que les résistances ne sont pas plus difficiles à éliminer ou à évaluer pour les aiguilles que pour les gros aimants. Cette considération lui a permis de donner à ses appareils un très-haut degré de perfection, et une grande simplicité de maniement.

Il est clair cependant que la diminution du poids des aiguilles a une limite. Il ne faut pas que le moment d'inertie des accessoires devienne trop grand, relativement à la force magnétique. (Voir n° 89.)

CHAPITRE IV.

COMPARAISON DES MÉTHODES D'AIMANTATION.

30. Les expériences ayant pour but d'établir une comparaison bien nette entre les procédés d'aimantation sont peu nombreuses. Pour faire cette comparaison, l'on soumet les aimants à l'action terrestre, soit en les faisant

(*) *Mém. de l'Académie de Bruxelles*, t. XII, p. 5 (note).

osciller, soit en les écartant du méridien magnétique par une force connue, telle que la torsion du fil de suspension.

Coulomb s'est servi du premier mode pour les aiguilles légères, et du second pour les gros aimants (*); Kater n'a appliqué que le second (**), et Moser, le premier (***).

31. Les expériences de Coulomb sont classiques et analysées en détail dans la plupart des grands traités de physique. En voici les résultats :

1° Toutes les méthodes ont la même efficacité pour les tiges d'acier d'un très-petit diamètre, un millimètre, par exemple;

2° La double touche séparée, et la double touche simultanée (en inclinant les inducteurs de 15 à 20 degrés, sur magasin rectangulaire (fig. 10) formé de deux barreaux parallèles AB, A′B′, et deux contacts c et c'), ont le même rang *ex æquo* pour les lames minces dont l'épaisseur ne dépasse pas un ou deux millimètres. Ce sont les procédés portant les noms de Duhamel et d'Æpinus;

3° Le procédé d'Æpinus (double touche simultanée, inducteurs inclinés de 15 à 20 degrés, magasin rectangulaire (fig. 10) est supérieur à tous les autres pour aimanter les barreaux plus épais.

32. Les expériences de Kater concernent la double touche séparée et la double touche simultanée. En voici les résultats :

1° La double touche simultanée est rendue plus efficace par la réunion des pôles supérieurs (A′ et B fig. 7), en inclinant les inducteurs l'un vers l'autre. Il est avantageux de séparer les pôles agissants (A et B′ fig. 7) l'un de l'autre, même jusqu'à une distance égale à la moitié de la longueur du barreau;

2° A ce procédé, la double touche séparée est supérieure;

3° La comparaison relative aux procédés de Duhamel et d'Æpinus est conforme à celle de Coulomb;

(*) *Mémoires de l'Institut*, t. VI, 1806.

(**) Lamont, *Handbüch des Magnetismus*, p. 229.

(***) *Repertorium der Physik*, t. II, p. 141.

4° Le degré d'inclinaison des inducteurs, depuis 45 jusqu'à un ou deux degrés (et même jusqu'à 0 degré, friction tangentielle), paraît avoir peu d'influence (*);

5° Le polissage des faces du barreau, à la lime, favorise l'aimantation, en vertu d'un commencement de trempe, malgré la diminution de poids;

6° L'aimantation avant la trempe est moins efficace que l'aimantation après la trempe suivie d'un recuit partiel, jusqu'à un pouce des extrémités.

M. Lamont conteste ces deux derniers résultats; il a trouvé notamment que la valeur du moment magnétique augmente de $\frac{1}{10}$ après le recuit simple du barreau, et de $\frac{7}{10}$ après le recuit au bleu.

33. Suivant Moser, pour comparer les valeurs relatives des divers modes d'aimantation, appliqués à des barreaux dont les dimensions sont petites, il faut se garder de se servir d'aimants trop forts : la saturation arrive trop vite, et les nuances qui distinguent les procédés se confondent.

Cette observation est justifiée déjà par les résultats de Coulomb, puisque toutes les méthodes sont également bonnes pour les tiges de faible diamètre (n° 31).

Moser s'est servi de deux aimants, pesant environ un kilogramme, de fort bon acier anglais, et dont chaque pôle ne portait que quelques grammes. Les aiguilles soumises aux opérations étaient d'acier très-fin; elles avaient $14^{pces},5^{l}$ de long, $5^{l},75$ de large, et $2^{l},4$ d'épaisseur; elles pesaient 190 grammes; elles étaient sans trace de magnétisme avant les opérations. Elles furent trempées et ramenées au jaune-paille.

Avec ce système il a trouvé :

1° Que la double touche simultanée d'Æpinus est supérieure à la double touche séparée de Duhamel; résultat conforme à celui de Coulomb et à celui de Kater;

2° Que les magasins rectilignes (fig. 5^{bis}) peuvent être formés avec autant d'avantage par des barreaux de fer doux que par des aimants;

(*) Toutefois, d'après les tables de Kater, cette influence ne paraît pas nulle; on trouve qu'elle augmente avec l'abaissement des inducteurs vers le barreau.

3° Que l'efficacité des frictions augmente si les extrémités A et B′ des pièces de fer (fig. 5^{bis}) communiquent entre elles par l'intermédiaire d'un aimant, et si, après l'enlèvement de celui-ci, on a soin de faire reculer les pièces AB et A′B′ vers les extrémités respectives *b* et *a*.

Mais l'aiguille *ab* s'affaiblit, au contraire, si l'on fait marcher les pièces AB, B′A′ l'une vers l'autre;

4° La touche circulaire (fig. 8, n° 23) est supérieure à tous les autres moyens.

34. Ayant substitué aux aimants inducteurs, employés d'abord, un fer à cheval capable de porter un poids de 8 kilogrammes, il le trouva plus efficace. Mais *c'est à la condition de former des magasins rectangulaires* (fig. 10); car le fer à cheval, appliqué à un seul barreau, à l'instar de la double touche simultanée, est inférieur à deux barreaux droits.

C'est la touche circulaire (fig. 8) qui a donné les meilleurs résultats.

Or nous avons déjà dit que les résultats de la double touche doivent être subordonnés à l'écartement des pôles agissants. En mettant, sous ce rapport, les aimants droits dans les mêmes conditions que les branches du fer à cheval, Moser est parvenu à un double résultat, savoir :

1° Jamais le fer à cheval ne peut devenir aussi énergique que les aimants droits, par la méthode de la double touche simultanée;

2° Un plus grand écartement des pôles agissants n'est pas toujours plus favorable à l'aimantation. Au contraire, lorsque le barreau est très-dur, les pôles agissants doivent être peu écartés et aussi larges que le barreau.

Les conclusions de Kater, relativement à la distance des pôles agissants, ne doivent donc pas être considérées comme absolues.

35. Enfin la méthode d'aimantation la plus prompte et la plus énergique, indiquée par les expériences de Moser, est la suivante. L'aiguille aimantée est appliquée contre les extrémités α et β de deux pièces de fer doux (fig. 11), formant les prolongements des deux branches d'un électro-aimant en fer à cheval ACB. Pendant que le courant agit, les barreaux Aβ, Bα sont tirées en glissant vers le dehors, comme l'indiquent les flèches (fig. 11).

Par ce moyen l'aiguille de 190 grammes devient capable d'en porter plus de 250; et deux aiguilles semblables, réunies par un contact, en portent huit fois autant.

Le maximum d'intensité d'un grand nombre d'aiguilles différentes est toujours atteint après vingt passes.

36. De toutes ses expériences, Moser conclut :

1° La double touche simultanée est la méthode la plus avantageuse;

2° De toutes les manières de l'appliquer, la meilleure est celle du magasin rectangulaire (fig. 10);

3° Lorsque l'acier est très-dur, les pôles agissants doivent être très-rapprochés et aussi larges que le barreau;

4° Un électro-aimant très-énergique appliqué en magasin (fig. 11) est plus efficace que la touche circulaire.

37. Les expériences de Kater, et celles de Moser, laissent encore du doute sur la question de l'écartement des pôles agissants, dans la méthode de la double touche simultanée. Pour étudier de nouveau ce point douteux, M. Lamont s'est servi d'un électro-aimant en fer à cheval à branches articulées (*). Il a remarqué qu'avec un courant très-fort, l'induction diminue par le rapprochement des pôles; au contraire, avec un courant faible, le rapprochement est avantageux.

A cette remarque, il faut en ajouter ici une autre, non moins intéressante, signalée par le même savant. C'est que dans la comparaison de la méthode de la double touche proprement dite, avec celle de la simple touche, *au moyen d'un aimant très-fort,* l'avantage est resté à cette dernière.

38. *Expériences de M. Quetelet.* — Dans un travail que nous avons déjà cité, M. Quetelet a fait connaître l'influence du nombre de frictions sur le degré de magnétisme obtenu dans une aiguille (**). En désignant par I l'intensité la plus grande dont s'approche un barreau (***) par suite de

(*) *Handbüch des Magnetismus*, p. 245.

(**) *Ann. de chim. et de phys.*, t. LIII, p. 248. — *Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XII, p. 19.

(***) Il y a deux sortes de saturations : la saturation absolue et la saturation relative. La première est le maximum de force magnétique qu'un barreau peut recevoir; la seconde est la

nombreuses frictions; par x le nombre de frictions, dans la méthode de la double touche séparée; par m et x deux quantités constantes, toutes les deux plus petites que l'unité; enfin par i l'intensité qui correspond au nombre de frictions x; on a :

$$i = 1\left(1 - m^{a^x}\right).$$

Cette expression suppose le barreau parfaitement neutre avant le commencement de l'opération. Si celui-ci avait déjà un magnétisme initial, il faudrait augmenter ou diminuer x d'un nombre constant qui représenterait le nombre de passes correspondant à l'état initial. Ce nombre est positif ou négatif, suivant que la polarité initiale est de même sens ou de sens contraire à celle que l'on veut obtenir.

Dans ce cas la formule devient :

$$i = 1\left(1 - m^{(x \pm c)^x}\right).$$

Voici les conclusions tirées par M. Quetelet de ses expériences :

L'aimantation primitive est toujours la plus énergique; elle ne fait que s'affaiblir par les renversements successifs de la polarité, mais les différences décroissent à mesure que les renversements se multiplient.

Le rétablissement de la polarité primitive est toujours le plus facile; tandis que l'inversion devient de plus en plus difficile, à mesure que le nombre des inversions s'accroît.

Le maximum de force d'un barreau ou d'une aiguille ne s'acquiert que par des frictions complètes, c'est-à-dire *faites sur toutes les faces.*

Les aimants inducteurs donnent, toutes choses égales d'ailleurs, aux barreaux de même dimension qu'eux, une force magnétique égale à celle qu'ils possèdent; et dans les barreaux de dimensions différentes, les forces acquises sont entre elles comme les cubes des dimensions homologues. Cette dernière loi avait déjà été démontrée par Coulomb.

plus grande force que peut lui communiquer une source donnée. La première suppose une source tellement riche que *chaque molécule* soit aimantée au maximum : alors la puissance de l'aimant doit augmenter avec la section du barreau. Cette limite n'est jamais atteinte, même à l'aide des courants; elle ne peut pas l'être par les frictions, surtout dans les gros barreaux, où les molécules intérieures sont très-éloignées de la surface.

En opérant sur des aimants, à l'aide d'inducteurs plus faibles qu'eux, on affaiblit les premiers.

La relation qui existe entre les forces que reçoit une aiguille ou un barreau, par des frictions successives, et le nombre de frictions, peut être exprimée par une formule exponentielle à trois constantes. Une seule de ces constantes paraît changer de valeur avec la grandeur des barreaux, du moins tant que cette grandeur n'excède pas celle des aimants inducteurs, et qu'ils sont de même acier.

Enfin, et cette dernière observation est très-remarquable, dès la première passe *complète*, la force obtenue est à peu près moitié de la force qu'aura le barreau aimanté dans son état définitif (*).

39. *Conclusion.* — De ce qui précède il faut conclure que le magnétisme final d'un barreau est toujours affaibli par des actions contraires qui s'exercent au commencement ou à la fin de l'aimantation. Si la source inductrice est faible, l'influence défavorable du commencement n'est jamais entièrement détruite; si elle est très-forte, l'influence défavorable de la fin reste continue.

Il peut exister un rapport précis entre la grandeur des barreaux à aimanter et la force inductrice employée pour les aimanter : il se peut aussi que ce rapport dépende de la méthode employée.

Si le rapport entre la grandeur des barreaux et la force inductrice n'a pas une valeur précise, il se pourrait au moins qu'il fût compris entre certaines limites : si la source est trop près de la limite inférieure, la répétition des passes y supplée jusqu'à un certain point. Dans le cas contraire, la répétition n'est guère, ou point du tout utile. Michell avait déjà fait cette remarque sans y attacher grande importance.

Dans tous les cas, l'existence de ce rapport, quel qu'il soit, enlève aux

(*) Au point de vue de la théorie du magnétisme, les expériences du savant directeur de notre Observatoire méritent une étude approfondie. — « Je regrette, dit l'auteur, de ne pou» voir donner à mes résultats la précision qu'ils méritent. Des occupations d'une autre nature » m'ont forcé de différer les expériences que je me proposais de faire....., » p. 279. Nous avons cru devoir explorer cette voie si bien indiquée et si largement ouverte, et en faire l'objet d'une autre étude.

diverses méthodes tout mérite *spécifique*, et leur donne à chacune une valeur relative très-digne d'être connue.

Quoi qu'il en soit, pour l'étude du magnétisme terrestre, il est indifférent que les aiguilles soient un peu plus ou un peu moins fortes. Cela étant, nous sommes amené à considérer, avec M. Lamont, la méthode de la simple touche comme recommandable en pratique (n^os^ 19 et 22), pourvu que l'on y emploie des sources d'induction suffisamment riches, telles que des aimants en fer à cheval (n° 34) ou des électro-aimants (*).

CHAPITRE V.

INSTABILITÉ DES AIMANTS.

40. Si le degré de force des aimants employés dans les observatoires magnétiques est indifférent entre certaines limites, il n'en est pas de même de la variation que subit incessamment cette force.

L'état magnétique d'un aimant n'est jamais définitif : aussitôt après l'aimantation, le barreau aimanté commence à subir une perte. Cette déperdition devient moindre, à la vérité, de jour en jour, et l'on peut la considérer comme un acheminement vers un état définitif.

D'un autre côté, un barreau étant soumis à une force inductrice insuffisante pour surmonter immédiatement la résistance à l'induction, ou sa mauvaise conductibilité, son magnétisme augmente de jour en jour et paraît s'approcher, avec une vitesse décroissante, d'un état stable.

De part et d'autre, la limite n'est jamais atteinte.

(*) Si M. Lamont a cherché lui-même un moyen d'aimantation plus puissant que ceux généralement connus, c'est à un autre point de vue dont nous n'avons pas à nous occuper ici. (*Handbüch des Magnetismus*, p. 224.) Il nous suffira d'indiquer que ce moyen consiste à éliminer ou à amoindrir les actions contraires à l'induction du commencement et de la fin, en insérant le barreau dans un circuit fermé où règne une forte tension magnétique excitée par un courant galvanique.

A défaut des éléments pour fonder une théorie ou quelque règle pratique, on cherche à établir les points suivants :

1° Abstraction faite des causes accidentelles, un aimant s'approche d'une force constante. La vitesse avec laquelle il s'approche de cette limite est toujours proportionnelle à l'excès de son magnétisme actuel sur son magnétisme final. Cette loi serait analogue à la loi du refroidissement de Newton.

Soient donc : x la force magnétique d'un aimant à l'époque t; C sa force finale; la vitesse de la perte aurait pour expression

$$-\frac{dx}{dt} = q\,(x - \mathrm{C})$$

d'où

$$\log\,(x - \mathrm{C}) = -qt + \mathrm{A}.$$

Soit B la valeur de x, correspondante à $t=o$,

$$\log\,(\mathrm{B} - \mathrm{C}) = \mathrm{A}\,;$$

et

$$x = \mathrm{C} + (\mathrm{B} - \mathrm{C})\,e^{-qt}.$$

2° Toute perturbation qui modifie l'équilibre moléculaire de l'aimant (par exemple, un changement de température), ou qui fait osciller les molécules autour de leurs positions d'équilibre (par exemple, un choc), a pour effet un acheminement plus rapide vers la limite constante de la force magnétique.

Mais la répétition de la cause en diminue l'influence et finit par l'annuler. Si l'intensité de la cause restait la même à chaque répétition, la loi de l'intensité magnétique de l'aimant serait :

$$x = \mathrm{C} + (\mathrm{B} - \mathrm{C})e^{-qn},$$

n étant le nombre des répétitions.

L'excès du magnétisme x après n répétitions, sur le magnétisme final C, savoir x — C est nul lorsque n est infini.

3° Quant à l'accroissement de la force d'un aimant, il ne peut avoir lieu qu'en vertu d'une source inductrice très-puissante agissant non loin de

l'aimant. Or une aiguille aimantée de 4 pouces de long, appliquée comme contact à deux forts aimants de 12 kilogrammes, ne gagne presque rien; tandis que la diminution est spontanée, sensible et progressive.

41. Cette perte spontanée a été, de la part de HANSTÉEN, l'objet de recherches dont nous devons dire ici quelques mots (*). Suivant ce célèbre physicien, un aimant doit finir par conserver une certaine quantité de magnétisme : l'excédant se perd avec une vitesse décroissante qui ne devient nulle qu'au bout d'un temps infini.

Ainsi, en conservant la notation du numéro précédent, on a :

$$-\frac{dx}{dt} = Ce^{-qt}$$

d'où

$$x = C + \frac{c}{q} e^{-qt}.$$

La valeur $x=C$, correspondante à $t=\infty$, est le magnétisme permanent de l'aiguille.

HANSTEEN a déterminé les constantes et vérifié la formule sur neuf aimants cylindriques, désignés par les nos 1 à 9 dans le tableau suivant :

NUMÉROS.	DIMENSIONS en millimètres.		POIDS en milligrammes.	PERTE.	DURÉE de la diminution, en jours.	*Observations.*
	Longueur.	Diamètre.				
1	97,2	2,5	3800	0,10641	5351	
2	97.2	2,5	3800	0,07823	2070	
3	78.9	2,5	2950	0,07905	416	Ces quatre cylindres ont été trempés et ramenés à l'huile bouillante, le premier, 5 m.; le deuxième, 10 m.; le troisième, 15 m.; le quatrième, 20 m.
4	78,9	2.5	2950	0,09539	464	
5	78,9	2,5	2950	0,14318	1461	
6	78,9	2,5	2950	0,10477	828	
7	76,8	2,35	2607,85	0,06406	644	Acier fusible.
8	76,8	2,35	2628,4	0,04884	1123	Acier infusible de Uslar.
9	99,05	10,97	74014,8	0,02578	200	

(*) *De mutationibus virgæ magneticæ.*

La valeur de x ne devient constante que pour $t = \infty$. Toutefois Hansteen admet que la force d'un aimant puisse être considérée comme constante lorsque la différence $x - C$ n'est que $\frac{1}{100000}$ de la valeur de C; alors $t = \frac{5 - \log q}{q \log e}$ exprime le temps après lequel l'aimant arrive à un état stable, à un cent millième près. Ce temps dépend de la valeur de la constante q : ce coefficient est nécessairement affecté par la constitution moléculaire de l'aimant et peut-être aussi par le mode d'aimantation auquel il a été soumis.

La stabilité approximative est donc plus ou moins promptement acquise : le temps peut varier depuis 200 jusqu'à 5351 jours ($14\ ^2/_5$ ans).

42. La conclusion la plus immédiate de ces faits est importante. C'est que pour les observations du magnétisme terrestre, il est dangereux de se servir d'aimants trop nouveaux, car la modification de la force peut entraîner celle de l'axe magnétique. Or la connaissance précise de la direction de l'axe magnétique est indispensable.

Les formules que nous venons d'étudier représentent bien la loi de la déperdition magnétique dans les premiers temps; mais plus tard la vitesse décroît plus vite.

43. La perte de force des aimants n'est pas seulement une fonction du temps, comme l'a pensé Hansteen. D'après des observations faites à l'établissement magnétique de Munich, M. Lamont constate que la perte dépend de la température, dans une proportion notable, et qu'elle est plus grande en été qu'en hiver. Ainsi la perte diurne des deux aimants de déviation employés en 1841-1842 à l'appareil d'intensité a été :

1841. . .	Novembre	0,00042
	Décembre	0,00010
1842. . .	Janvier.	0,00007
	Février.	0,00004
	Mars.	0,00004
	Avril	0,00005
	Mai	0,00009
	Juin.	0,00011
	Juillet	0,00017

Ces aimants ayant été remplacés plus tard par d'autres, le même phénomène a été observé, sans toutefois qu'il y eût égalité quant à la vitesse de déperdition.

44. Hansteen avait conseillé, pour accélérer la stabilité, de plonger les aimants pendant quelque temps dans un bain d'eau à 30°R, avant d'en faire usage. M. Lamont atteint le même but par des immersions répétées alternativement dans de l'eau chaude et dans de l'eau froide une douzaine de fois. Si, après une quinzaine de jours, la stabilité approximative n'existe pas encore, il renouvelle les bains de la même manière.

Malgré ces précautions, la perte constatée encore, au bout de plus de vingt années, laisse peu d'espoir de parvenir à un état magnétique réellement stable. Mais la perte totale, après ces vingt ans, et grâce aux précautions que nous venons d'indiquer, n'est que de $\frac{1}{50}$ de la force primitive : elle peut être négligée ou bien calculée par les formules des n^{os} 40 et 41, ou même plus simplement encore, avec une approximation suffisante (*).

(*) On cite des aiguilles qui, dans un espace de trois années (mars 1818-décembre 1820), n'avaient pas subi d'altération. — V. *Correspondance mathém.*, t. XI. (Mémoire sur les lignes isodynamiques.)

DEUXIÈME PARTIE.

PROBLÈMES RELATIFS A LA RECHERCHE DES ÉLEMENTS DU MAGNÉTISME TERRESTRE.

—

CHAPITRE I.

DE LA MESURE DES FORCES MAGNÉTIQUES.

45. Dans ce qui précède nous avons désigné les pôles de chaque aimant sous les noms de Boréal et d'Austral; suivant l'usage, nous avons considéré l'état d'un aimant comme s'il était constitué par deux genres de magnétismes correspondants à ces pôles, et distribués en égale quantité dans la masse, quelle que soit d'ailleurs la forme ou la loi de la répartition. Pour soumettre au calcul les actions polaires, nous désignerons sous le nom de Positive la polarité Boréale, et sous le nom de Négative la polarité Australe; et nous affecterons des signes + ou — les quantités qui se rapporteront aux actions considérées.

Dans la nature, tout pôle magnétique produit des actions positives ou négatives, c'est-à-dire qu'il est attractif ou répulsif suivant les circonstances (*). La position d'équilibre des aimants sous l'influence terrestre permet de prévoir les actions mutuelles de leurs pôles, et de les désigner d'avance par un signe.

Nous désignerons par la lettre A le pôle austral d'un aimant, qui est tourné vers le nord; et par B le pôle opposé. Le premier est négatif, le second positif.

(*) La position de chaque pôle dans un aimant peut, et doit même dépendre de la direction et de l'intensité des diverses actions extérieures qui s'exercent sur lui.

Les questions qui vont nous occuper se rapportent à des corps arrivés à un état magnétique permanent — ou du moins à peu près tel; — chaque élément magnétique est donc censé invariable. De plus, pour jeter sur les problèmes relatifs au magnétisme terrestre un premier coup d'œil d'ensemble, nous les traiterons au moyen de l'abstraction des aimants simples.

46. Les lois des attractions et des répulsions à distance reposent sur les principes suivants démontrés par les célèbres expériences de Coulomb et de Hansteen :

1° Deux éléments magnétiques se repoussent s'ils sont tous deux positifs ou tous deux négatifs; ils s'attirent lorsque l'un est positif et l'autre négatif;

2° L'intensité de l'attraction ou de la répulsion est directement proportionnelle au produit des forces magnétiques, et inversement proportionnelle au carré de la distance des centres d'action de ces forces.

Soient $+\mu$ et $+\mu'$ (ou $-\mu$ et $-\mu'$) les intensités magnétiques respectives de deux points a et b, mesurées à l'unité de distance.

$$a \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad b$$

Ces points se repoussent avec une intensité exprimée par $+\frac{\mu\mu'}{(ab)^2}$.

Soient $+\mu$ et $-\mu'$ (ou $-\mu$ et $+\mu'$) les forces respectives de ces deux points, à l'unité de distance, ils s'attirent avec une intensité exprimée par $-\frac{\mu\mu'}{(ab)^2}$.

Le signe du produit $\mu\mu'$ indique toujours s'il y a, entre les points considérés, attraction ou répulsion.

47. Si l'un des points, b par exemple, est fixe, tandis que a est mobile, celui-ci tendra à se mettre en mouvement suivant la droite ab, en vertu de l'action réciproque, dans un sens ou dans l'autre, et l'accélération α due à cette action sera :

$$\alpha = \frac{g}{p} \cdot \frac{\mu\mu'}{(ab)^2},$$

en désignant par g l'intensité de la pesanteur, et par p le poids du point mobile.

D'un autre côté, b étant fixe, il faudrait, pour maintenir le point a en

équilibre, y appliquer suivant ab, et en sens contraire, une force équivalente en intensité et opposée à $\pm \frac{\mu\mu'}{(ab)^2}$. Cette force pourra être mesurée par un poids.

48. Posons $\frac{\mu'}{(ab)^2} = \mathrm{I}$. Ce facteur représentera l'intensité de l'action du point fixe b sur le point a, suivant la direction ab.

L'intensité de l'action exercée sur un point déterminé peut être l'objet immédiat d'un problème, indépendamment de la distance et de la force du point fixe mesurée à l'unité de distance : c'est le cas du magnétisme terrestre.

Il existe vraisemblablement dans le sein du globe, ou près de sa surface, des centres d'action positifs et négatifs; leur position est inconnue, mais on recherche l'intensité et la direction de leur résultante en chaque point déterminé du globe.

Soit a un point du globe doué de la force magnétique $+\mu$; soit I l'intensité de la force terrestre; ab sa direction; la force répulsive a pour mesure $+\mu\mathrm{I}$, et la force attractive $-\mu\mathrm{I}$.

49. L'accélération due à la force terrestre sera

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{g}{p} \cdot \mu\mathrm{I}.$$

expression dans laquelle g et p ont les mêmes significations que dans le n° 47, relativement au point mobile a.

Posons $p = 9^{gr},780$ et $\frac{d^2x}{dt^2} = 1$, nous aurons, puisque $g = 9^{m},780$, $\mu\mathrm{I} = 1$. Cela veut dire que l'unité de force magnétique est celle qui imprime à l'unité de masse, dans l'unité de temps, une vitesse égale à l'unité de longueur, quelles que soient les unités choisies.

Gauss a pris pour unité de force magnétique, la valeur de $\mu\mathrm{I}$ capable d'imprimer à la masse d'un milligramme, dans l'unité de temps, une vitesse égale à l'unité de longueur. Or l'accélération d'un milligramme par la pesanteur étant de 9780 millimètres (à l'équateur), il s'ensuit que l'unité magnétique de Gauss est $\frac{1}{9780}$ de l'intensité de la pesanteur (à l'équateur).

Mesurée à une latitude quelconque φ, le rapport de l'unité magnétique de Gauss à la pesanteur serait :

$$\lambda = \frac{1}{9780\,(1 + 0{,}0059\sin^2\varphi)}.$$

50. L'expression du rapport de la force magnétique $\frac{\mu\mu'}{(ab)^2}$ ou μI à l'intensité de la gravité serait tout aussi bien donnée par des considérations statiques.

Soit a un point magnétique dont l'intensité est μ, et qui est à l'extrémité d'une droite rigide ab (fig. 12), supposée sans pesanteur, posée horizontalement sur un point d'appui C.

Soit b' un autre point magnétique dont l'intensité est $-\mu'$, et qui est placé à r millimètres de distance de a, au-dessus, et suivant la verticale passant par a.

Les deux points a et b' s'attireront avec une force exprimée par $-\frac{\mu\mu'}{r^2}$ (le signe négatif ne sert qu'à rappeler l'idée d'attraction).

Si b' est fixe, la droite ba tendra à tourner autour du point d'appui C, pour rapprocher a de b'.

Pour empêcher ce mouvement, il suffirait d'appliquer au point a une force de même intensité que $\frac{\mu\mu'}{r^2}$, et agissant en sens opposé; par exemple, un poids tel que $p=\frac{\mu\mu'}{r^2}$.

Si $\mu=\mu'$, $p=1$ milligramme, et $r=1$ millimètre, on aura nécessairement $\mu=1$ et $\mu'=1$, c'est-à-dire que chacun des points a et b possédera l'unité magnétique, que M. Lamont a proposé d'appeler milligramme magnétique (*).

Si $\mu'=2, 3, 4, 5$ ..... unités magnétiques,
on aura : $p=2, 3, 4, 5$ ..... milligrammes,

c'est-à-dire que l'équilibre existera encore en appliquant à l'élément a, un poids de 2, 3, 4, 5..... milligrammes. Donc la force magnétique $\frac{\mu\mu'}{r^2}$ équivaut à un nombre déterminé de milligrammes.

Dans ce qui précède nous avons fixé une distance d'un millimètre, mais comme nous l'avons déjà fait remarquer (n° 48), l'intensité de l'action dirigée sur un point magnétique a dont la position est déterminée, peut être recherchée indépendamment de la distance et de la position du centre d'action b'. Par exemple, il s'agit de mesurer l'attraction I exercée sur un point de l'espace, dans une direction connue, par un pôle magnétique b'. Il est clair que si le pôle a possède une force $\mu=1$ (équivalente à un milligramme magné-

(*) *Mém. de l'Acad. de Munich*, t. III, p. 625.

tique), on pourra appliquer en a une force diamétralement opposée à l'action I, et exprimée en milligrammes; si p est cette force, on aura $p = \mu I = I$, quelle que soit la distance du point b', et quelle que soit son intensité mesurée à l'unité de distance; quel que soit enfin le sens de son action, attractive ou répulsive. C'est évidemment le cas du magnétisme terrestre. Ainsi, quand nous disons que l'intensité horizontale du magnétisme terrestre est en certain lieu, à Liége, par exemple, 1.025, cela signifie qu'un pôle magnétique d'une force $\mu = 1$, équivalente à un milligramme magnétique, serait tenu en équilibre en cet endroit à l'aide d'une force équivalente à $1^{\text{milligr.}},025$ appliquée horizontalement à ce pôle, en sens opposé à la composante horizontale de la force directrice terrestre.

Ce serait là le mode de mesure le plus direct à employer à l'égard du magnétisme terrestre, si nous n'étions pas en présence d'effets compliqués desquels nous avons à déduire l'intensité de la force qui produit ces effets.

Ceux-ci ne dépendent pas du magnétisme terrestre seul; ils dépendent aussi de l'aimant employé pour les rendre visibles; il y a donc dans chaque observation deux inconnues à séparer.

Or l'énergie d'un aimant ne pourrait être mesurée indépendamment de l'influence terrestre, puisque l'on mesure toujours le produit μI. Pour séparer les facteurs μ et I, il faut chercher une combinaison qui contienne ces deux quantités sous une autre forme, par exemple, celle d'un quotient : alors l'élimination des deux inconnues μ et I est possible. Nous verrons plus loin comment ce problème est résolu.

CHAPITRE II.

QUELQUES PROPRIÉTÉS DES AIMANTS SIMPLES.

51. Supposons démontré par expérience qu'en chaque point du globe, et dans un cercle peu étendu autour de ce point, la force terrestre $\pm$ I ait une direction constante (comme la pesanteur). Cette supposition n'est légitime que dans les limites de la durée d'une expérience.

On admet que, quelle que soit la répartition des deux genres de magnétisme libre dans un système, leurs quantités absolues sont identiques. Ainsi $+\mu$ étant la quantité de magnétisme positif, et $-\mu$ la quantité de magnétisme négatif, respectivement contenues dans l'unité de volume, le volume élémentaire dm contient : $+\mu dm$ magnétisme positif, et $-\mu dm$ magnétisme négatif.

Le système contient $\sum \mu dm$ magnétisme positif,

et $-\sum \mu dm$ magnétisme négatif.

La somme totale $\Sigma \mu dm - \Sigma \mu dm = 0$, s'écrit généralement sous la forme $\int \mu dm = 0$, lorsque l'aimant a une forme régulière, et que les magnétismes positif ou négatif y sont répartis symétriquement.

Chaque système magnétique $\Sigma \mu dm$ et $-\Sigma \mu dm$ peut être remplacé par un centre, analogue au centre de gravité; ces deux centres réunis par une droite formeraient un aimant simple; et l'action réciproque de chacun de ces centres ou pôles et de la force $+$ I sera respectivement $+ \mathrm{I} \int \mu dm$ et $-\mathrm{I} \int \mu dm$.

L'équation évidente $+\mathrm{I} \int \mu dm - \mathrm{I} \int \mu dm = 0$ prouve qu'il n'y a pas de mouvement possible dans la direction de I.

Il en est de même relativement à la force $-$I. Mais les deux forces parallèles $\mathrm{I} \int \mu dm$ et $-\mathrm{I} \int \mu dm$ forment un couple dont le moment est $\mathrm{IR} \int \mu dm$, R étant la distance des deux centres ou pôles de l'aimant simple. L'aimant pourra donc tourner, soit autour d'un point fixe, soit autour de son centre de gravité.

Par conséquent, de quelque manière qu'un barreau soit aimanté, quelle qu'y soit la répartition du magnétisme libre, le magnétisme terrestre ne pourra jamais donner à cet aimant qu'un mouvement de rotation et ne pourra modifier que sa direction dans l'espace.

52. Faisons intervenir l'action de la gravité sur l'aimant, et considérons toujours l'action terrestre boréale ou positive $+$ I : décomposons chacune des résultantes $+ \mathrm{I} \int \mu dm$ et $-\mathrm{I} \int \mu dm$ en une force horizontale et en une force verticale.

Les deux composantes horizontales $+ \mathrm{X} \int \mu dm$ et $-\mathrm{X} \int \mu dm$ forment un couple.

Les deux forces verticales $+ Y\int \mu dm$ et $- Y\int \mu dm$ (fig. 13) se combinent avec la gravité P, appliquée au centre de gravité G.

L'une de ces composantes verticales, par exemple $- Y\int \mu dm$ peut se décomposer en deux autres, savoir :

— P appliquée au centre de gravité G, et opposée au poids P;
— $(Y\int \mu dm - P)$, agissant en un point C de bas en haut.

La force verticale $+ Y\int \mu dm$ peut aussi se décomposer en deux autres, toutes deux appliquées au même point A, savoir :

$Y\int \mu dm - P$ qui forme un couple avec $-(Y\int d\mu m - P)$, et P qui tend à abaisser le point A, pôle austral de l'aimant.

Ainsi l'action magnétique terrestre équivaut à un transport du centre de gravité de l'aimant vers son pôle austral, dans les régions où la terre agit de bas en haut sur son pôle boréal.

Ce théorème est de Gauss (*). Par suite :

Il est évident que si l'aimant a un point fixe, il est nécessaire et suffisant, pour l'équilibre, que le plan mené par ce point fixe, par le centre de gravité et la droite qui joint les pôles, coïncide avec le méridien magnétique; que les moments des couples magnétiques et de la gravité relativement au point fixe se détruisent.

53. Considérons toujours l'aimant simple *ab* (fig. 14) ayant son centre de gravité au milieu *c* et sollicité par une force magnétique $\pm$ F, dirigée suivant la droite AB. Cet aimant étant libre prendra la direction de la force $\pm$ F; s'il ne l'est pas, il tendra toujours à prendre la direction de cette force en opposant aux obstacles une certaine résistance.

Supposons que l'aimant simple *ab*, dont la longueur est $2r$, soit d'abord dans la position $a'b'$. Le pôle b', doué du magnétisme $+ \mu$, sera repoussé par la force + F, et le pôle a', doué du magnétisme $- \mu$, sera attiré par la force + F.

(*) *Intensitas, vis magneticæ terrestris ad mensuram absolutam revocata.* (Commentationes Societatis Gottingensis, t. VIII, p. 15.)

Soit l'angle $aca' = \varphi$. La force attractive aura pour composantes :

$a'e$ .... $-\mu F \sin \varphi$ perpendiculaire à l'aimant ;
$a'f$ .... $-\mu F \cos \varphi$ dirigée suivant l'aimant.

La force répulsive aura pour composantes :

$b'k$ .... $+\mu F \sin \varphi$ perpendiculaire à l'aimant :
$b'h$ .... $+\mu F \cos \varphi$ dirigée suivant l'aimant.

Les forces $+\mu F \cos \varphi$ et $-\mu F \cos \varphi$ ont la même direction, la même intensité, et agissent en sens contraire; elles ne changent rien à la position du point c.

Les forces $+\mu F \sin \varphi$ et $-\mu F \sin \varphi$ forment un couple qui a pour moment $2r\mu F \sin \varphi$.

Le produit $2r\mu$ s'appelle *Moment magnétique de l'aimant,* dénomination introduite par Gauss : nous le désignerons par M.

Si l'on considère la force $-F$, on aura exactement le même résultat : c'est pourquoi, lorsqu'il s'agira du magnétisme terrestre dont l'action est désignée par $\pm I$, nous n'aurons désormais plus égard au signe de I, pas plus qu'à son centre d'action.

Nous conviendrons que la direction d'un aimant libre sera toujours celle vers laquelle son pôle nord tend à se placer. L'action terrestre consiste à retenir l'aimant dans la direction que nous venons de définir; ou bien, s'il en est dévié d'un angle φ, elle consiste à l'y ramener en vertu du moment de rotation $MI \sin \varphi$.

54. Si cet aimant, au lieu de tourner sur son centre de gravité, avait un autre point fixe, le moment magnétique aurait toujours la même valeur : il est indépendant de la position du point fixe. Le moment de rotation que nous venons de considérer se décompose comme suit (fig. 15) :

$$I \sin \varphi \times 2r\mu = I \sin \varphi (\mu \times bc + \mu \times ca),$$

que le point c soit un centre de gravité ou un autre point quelconque.

Supposons le point c transporté en c', nous aurons, pour le moment de rotation :

$$\mathrm{I}\sin\varphi(\mu\times bc' + \mu\times ac') = \mathrm{I}\sin\varphi(\mu\times bc - \mu\times cc' + \mu\times ac + \mu\times cc')$$
$$= \mathrm{I}\sin\varphi(\mu\times bc + \mu\times ac) = \mathrm{I}\sin\varphi\times 2r\mu = \mathrm{MI}\sin\varphi.$$

Le moment de rotation d'un aimant simple est donc indépendant de la position du point fixe.

Nous verrons plus loin que le même théorème est applicable aux aimants réels.

55. Soit maintenant un aimant simple ab (fig. 16); p le poids de chacune des extrémités; $+\mu$ et $-\mu$ leurs forces magnétiques respectives; c le point fixe au milieu.

Soit cd la direction du magnétisme terrestre I. Cherchons le poids q dont il faudrait charger le point e pour que l'aimant restât horizontal.

Soit $bcd = i$ l'angle que la force magnétique fait avec l'horizon, ou l'inclinaison de cette force; soit $ce = x$.

Le moment de rotation $2r\mu\ \mathrm{I}\sin i$ tend à rapprocher l'aimant de la direction cd.

Le moment de rotation qx, du poids additionnel, tend à l'éloigner de la direction cd.

La condition d'équilibre est $qx - \mathrm{MI}\sin i = 0$; mais comme il est nécessaire que $\mu\mathrm{l}$ et q aient une unité commune, on écrira q en milligrammes, et alors $\lambda qx = \mathrm{MI}\sin i$.

56. Cherchons de quelle quantité il faut reculer le point fixe pour obtenir l'équilibre sans contrepoids.

Soit c' le nouveau centre de rotation, posons $cc' = \xi$, et soit p millig. le poids de l'aimant, nous aurons :

$$\lambda p(r-\xi) + \mu\mathrm{l}(r-\xi)\sin i - \lambda p(r+\xi) + \mu\mathrm{l}(r+\xi)\sin i = 0,$$

d'où
$$\xi = \frac{r\mu\mathrm{I}\ \sin i}{\lambda p}$$

et si
$$\mathrm{M} = 2r\mu, \quad \xi = \frac{\mathrm{MI}\sin i}{2\lambda p}.$$

57. Il est à peine nécessaire de faire remarquer que la stabilité de l'équi-

libre exige que le point fixe soit quelque part en c'' au-dessus de la droite ab. C'est toujours là ce qui a lieu dans la suspension des aimants, soit qu'ils reposent sur un pivot pénétrant dans leur épaisseur, soit qu'un fil les supporte par le dessus.

58. Considérons un aimant simple ab (fig. 17) assujetti à ne se mouvoir que dans un plan horizontal autour d'un point fixe c.

Soit cd la direction de la force qui agit sur l'aimant, et I son intensité totale.

Soit i l'angle que cette force fait avec l'horizon; I cos i = X sera sa composante horizontale.

L'aimant simple ab se placera naturellement dans le plan vertical passant par cd; et la droite $a'b'$ représentera l'intersection de ce plan, avec le plan horizontal dans lequel il se meut.

Si on l'écarte momentanément de cette position d'équilibre, en le maintenant toujours dans le plan horizontal, il y reviendra après un certain nombre d'oscillations isochrones. En désignant par u l'angle de déviation à une époque t, l'équation du mouvement sera

$$\frac{d^2u}{dt^2}\,2p\,(r^2+x^2)+\mathrm{MX}\sin u=0,$$

où p représente le poids de chaque extrémité, r la demi-longueur de l'aimant simple, x l'excentricité du point de suspension; si u est très-petit, on tire de là :

$$t\sqrt{\frac{\mathrm{MX}}{2p\,(r^2+x^2)}}+\text{const.}=\text{arc}\left(\sin=\frac{u}{h}\right).$$

en désignant par h la plus grande valeur de u, ou la demi-amplitude des oscillations, suffisamment petite pour négliger h^3, h^5.....

Soient $+h$ et $-h$ les angles égaux décrits par l'aimant, des deux côtés de sa position d'équilibre, T la durée d'une oscillation complète, on aura la relation connue

$$\mathrm{T}\sqrt{\frac{\mathrm{MX}}{2p\,(r^2+x^2)}}=\pi.$$

Or $2p(r^2 + x^2) = p(r - x)^2 + p(r + x)^2$, n'est autre chose que le moment d'inertie du barreau; nous désignerons cette quantité par K.

Nous aurons enfin

$$MX = \frac{\pi^2 K}{T^2} \quad \text{ou} \quad MI \cos i = \frac{\pi^2 K}{T^2}.$$

Ainsi la durée d'une (ou d'un nombre déterminé) oscillation de l'aiguille aimantée dépend à la fois de son moment d'inertie, du moment statique de son magnétisme libre, et de l'intensité du magnétisme terrestre.

Réciproquement, cette dernière quantité serait connue d'après cette formule, si toutes les autres l'étaient, et le problème que nous avons indiqué (n° 50) serait résolu.

Or la quantité M est inséparable de X ou de I dans cette expression : c'est pourquoi une autre combinaison de ces deux quantités est indispensable pour achever la recherche.

59. Soit AB (fig. 18) un aimant simple disposé perpendiculairement à la direction *ab* d'un autre aimant simple mobile autour du point *c*.

Les deux aimants simples sont dans un même plan horizontal.

Soient $2r$ la longueur de *ab*; $2r'$ la longueur de AB; φ l'angle Nca formé par *ab* avec le méridien magnétique; $Cc = d$, distance des centre des deux aimants; μ et μ' les forces magnétiques libres de AB et de *ab*.

Soit $2r'\mu' X \sin\varphi = m X \sin\varphi$ le moment de rotation de *ab* par l'action terrestre.

Les pôles A, *a* se repoussent avec une force... $\frac{\mu\mu'}{(Aa)^2}$,

Les pôles A, *b* s'attirent avec une force.... $-\frac{\mu\mu'}{(Ab)^2}$.

Les composantes perpendiculaires à *ab* sont :

$$+\frac{\mu\mu'}{(Aa)^2}\cdot\frac{Ac}{Aa} \quad \text{et} \quad -\frac{\mu\mu'}{(Ab)^2}\cdot\frac{Ac}{Ab}.$$

Elles forment un couple dont le moment est :

$$\frac{\mu\mu'\cdot Ac}{(Aa)^3}\cdot 2r = \frac{2\mu\mu'(d - r')r}{\{(d - r')^2 + r^2\}^{\frac{5}{2}}}.$$

L'action du pôle B sur a et b formera un couple ayant pour moment :

$$\frac{\mu\mu'(d+r')r}{\left\{(d+r')^2+r^2\right\}^{\frac{5}{2}}}.$$

Nous n'avons pas besoin de considérer les composantes des actions de A et B sur a et b, dirigées suivant ab, puisqu'elles n'exercent aucune influence sur le point c. L'équation d'équilibre sera donc :

$$mX\sin\gamma-\frac{2\mu\mu'(d-r')r}{\left\{(d-r')^2+r^2\right\}^{\frac{5}{2}}}+\frac{2\mu\mu'(d+r')r}{\left\{(d+r')^2+r^2\right\}^{\frac{5}{2}}}=0.$$

Développant les deux derniers termes suivant les puissances négatives de d, et choisissant cette grandeur de façon à pouvoir négliger la septième puissance de d relativement à r et r', nous aurons, en faisant $2r\mu = M$:

$$\frac{X\sin\gamma}{M}=\frac{2}{d^3}\left(1+\frac{2r^3-3r'^3}{d^2}+\ldots\right).$$

Or l'équation du n° 58 nous donne la valeur de MX ; en multipliant cette équation par celle que nous venons de trouver, il vient :

$$X^2\sin\gamma=\frac{2\pi^2K}{T^2d^3}\left(1+\frac{2r^3-3r'^3}{d^2}+\ldots\right)$$

d'où

$$X=\frac{\pi\sqrt{2K}}{T\sqrt{d^3\sin\gamma}}\left(1+\frac{2r^3-3r'^3}{d^2}+\ldots\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Et enfin $I=\frac{X}{\cos i}$, donnera la valeur de l'intensité absolue du magnétisme terrestre, en un point déterminé de la surface du globe.

60. Comme il n'est pas possible de suspendre un aimant de façon à ce qu'il puisse se mouvoir librement dans toute direction avec la même facilité, cherchons quelle serait la direction d'un aimant simple ab assujetti à rester dans un certain plan, donné par son inclinaison sur le plan horizontal, et par son azimuth avec le méridien magnétique.

Les coordonnées polaires sont ici naturellement indiquées. Soit C (fig. 19) l'origine des coordonnées, centre de rotation de l'aimant *ab*; soit CX la direction du méridien magnétique, et indiquons par les deux horizontales CX, CY la position du plan horizontal qui passe par le centre de l'aimant.

Désignons par l'horizontale CP, et la droite CZ perpendiculaire à CX, le plan dans lequel l'aiguille *ab* est assujettie à se mouvoir; l'angle $ZCY' = \psi$, mesure l'inclinaison de ce plan sur l'horizon. Soit encore CI la direction de la force terrestre; cette droite est dans le plan vertical passant par CX; soit $XCI = i$ l'inclinaison magnétique.

Posons $acP = u$, angle de l'aimant simple *ab* avec l'horizontale *c*P; $XCP = \theta$, azimuth du plan de l'aiguille, d'après le méridien magnétique; $acI = x$ angle de l'aimant *ab* avec la direction de la force terrestre. Tous ces angles sont mesurés par des arcs de grands cercles de la sphère, ayant pour centre *c*, et pour rayon l'unité.

Le triangle sphérique X*a*P donne :

$$1^{o}\ \cos acX = \cos u \cos\theta + \sin u \sin\theta \cos\psi; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

$$2^{o}\ \sin acX \sin aXP = \sin u \sin\psi.$$

Le triangle sphérique *a*XI donne :

$$\cos x = \cos i \cos acX + \sin i \sin acX \cos aXI.$$

Or
$$\cos aXI = \cos\left(\frac{\pi}{2} + aXP\right) = \sin aXP,$$

donc
$$\cos x = \cos i \cos acX - \sin i \sin acX \sin aXP.$$

$$\cos x = \cos i (\cos u \cos\theta + \sin u \sin\theta \cos\psi) - \sin i \sin u \sin\psi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Pour que l'aimant soit en équilibre stable, l'angle u doit être tel que x soit un minimum; alors on aura $\frac{dx}{du} = 0$, savoir

$$0 = -\cos i \cos\theta . \sin u + \cos i \sin\theta \cos\psi . \cos u - \sin i \sin\psi . \cos u$$

d'où
$$\operatorname{tang} u = \frac{\cos i \sin\theta \cos\psi - \sin i \sin\psi}{\cos i \cos\theta} = \operatorname{tang}\theta \cos\psi - \operatorname{tg} i \frac{\sin\psi}{\cos\theta}. \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Cette relation fait connaître la valeur de i, après avoir observé la valeur

de u, lorsque l'aimant a pris sa position stable; elle complète donc la recherche qui fait l'objet des n^{os} 58 et 59.

61. Parmi tous les plans dans lesquels on peut fixer la mobilité de l'aiguille, les plus faciles à vérifier sont le plan horizontal et le plan vertical. Considérons d'abord le premier.

Le plan horizontal correspond à $\psi = 0$, l'équation (3) du numéro précédent donne :

$$\operatorname{tg} u = \operatorname{tg} \theta,$$

d'où $u = \theta$, ou bien $u = \theta + 180^\circ$.

L'équation (1) donne :

$$\cos acX = \cos (u - \theta)$$

d'où $acX = 0$, ou bien $acX = 180^\circ$.

Avec l'angle $aCX = 180^\circ$ l'aimant ne serait pas en équilibre stable, puisque son pôle austral a regarderait le sud; il n'y a pas lieu de s'en occuper.

Avec $aCX = 0$, $\cos x = \cos i$, d'où $x = i$.

La force directrice de l'aimant par la terre sera $MI \cos i$.

62. Si l'aimant ne peut se mouvoir que dans un plan vertical, $\psi = \frac{\pi}{2}$ ou 90°, alors :

$$\operatorname{tg} u = -\frac{\operatorname{tg} i}{\cos \theta}.$$

L'angle θ étant connu d'avance, il suffit de mesurer l'angle u formé par l'aimant avec l'horizon pour déterminer l'inclinaison de l'intensité terrestre I.

En faisant $\theta = 0$, on aura $\operatorname{tg} u = -\operatorname{tgi}$ (*).

En faisant $\theta = 90^\circ$, on aura $\operatorname{tg} u = \infty$, d'où $u = 90^\circ$.

Enfin en faisant d'abord $\theta = \theta$, puis $\theta = \theta + 90^\circ$, on aura :

$$\operatorname{tg} u' = -\frac{\operatorname{tg} i}{\cos \theta}, \text{ ou bien } \frac{1}{\operatorname{tg}^2 u'} = \frac{\cos^2 \theta}{\operatorname{tg}^2 i}$$

$$\operatorname{tg} u'' = -\frac{\operatorname{tg} i}{\sin \theta} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{\operatorname{tg}^2 u''} = \frac{\sin^2 \theta}{\operatorname{tg}^2 i}$$

(*) Le signe négatif provient de la position donnée à l'aimant ab dans la figure, position arbitraire. Dans la réalité le pôle austral doit être au-dessous de l'horizon (n° 52).

d'où l'on tire $\frac{1}{\operatorname{tang}^2 i} = \frac{1}{\operatorname{tang}^2 u'} + \frac{1}{\operatorname{tang}^2 u''}$ ou $\operatorname{cotg}^2 i = \cot^2 u' + \cot^2 u''$.

Ainsi l'on peut calculer i, au moyen de l'observation de u dans un azimuth quelconque par rapport au méridien magnétique; ou bien observer directement i, en plaçant dans le méridien magnétique le plan vertical dans lequel l'aimant est mobile; ou bien enfin en observant l'angle u dans deux azimuth quelconques écartés l'un de l'autre de 90°, on pourra encore calculer i.

Quant à l'azimuth $\theta = 90°$, il peut servir à déterminer la direction du méridien magnétique, par l'observation de l'aiguille verticale, assujettie sur un axe horizontal.

63. Dans le plan vertical l'aimant simple a pour force directrice par la terre :

$$\mathrm{MI}\cos x = \frac{\mathrm{MI}\cos i\cos\theta}{\sqrt{1+\dfrac{\operatorname{tg}^2 i}{\cos^2\theta}}}.$$

Si le plan vertical est dans le méridien magnétique :

$$\mathrm{MI}\cos x = \mathrm{MI}.$$

S'il est perpendiculaire au méridien magnétique, d'après la formule (2) du n° 60 :

$$\mathrm{MI}\cos x = \mathrm{MI}\sin i,$$

puisque l'aiguille ne peut sortir de son plan; mais elle pourra osciller dans ce plan en vertu de la composante verticale de l'intensité terrestre, $\mathrm{I}\sin i = \mathrm{Y}$.

64. Examinons encore un cas particulier. Nous avons vu (53) qu'un aimant simple ab, écarté de la direction de la force I, est ramené dans cette direction en vertu du moment $\mathrm{MI}\sin\varphi$, φ étant l'angle de la déviation.

Supposons qu'une force soit appliquée à cet aimant simple en opposition avec le magnétisme terrestre, et soit f le moment de cette force. La déviation restera permanente si l'on a :

$$\mathrm{MI}\sin\varphi - f = 0.$$

Si cette relation n'existe pas, si, par exemple :

$$\mathrm{MI}\sin\varphi - f = q,$$

la valeur de q dépendra de φ, et $\frac{dq}{d\varphi}$ exprimera la loi de variation simultanée de ces deux quantités, pour chaque valeur de φ. On aura :

$$\frac{dq}{d\varphi} = \mathrm{MI}\cos\varphi - \frac{df}{d\varphi}.$$

C'est cette quantité qui est nommée *force directrice*, et c'est en vertu de cette force qu'un aimant se replace toujours dans la direction de l'équilibre aussitôt qu'il en est un peu écarté par une cause passagère. Il y revient d'autant plus vite et plus sûrement que sa force directrice est plus grande.

Parmi les causes étrangères qui agissent pour troubler l'équilibre d'un aimant ou en altérer les mouvements, il faut citer l'agitation de l'air, les résistances des suspensions, etc.

Si l'aimant n'est soumis à aucune autre influence que le magnétisme terrestre, et s'il tourne librement sur son centre de gravité, il revient dans la position correspondante à $\varphi = 0$; alors sa force directrice est $\frac{du}{d\varphi} = \mathrm{MI}$.

Si l'aimant est assujetti dans un plan horizontal, il revient dans la direction du méridien, et sa force directrice est :

$$\frac{du}{di} = \mathrm{MI}\cos i = \mathrm{MX}.$$

65. Les aimants simples dont nous venons d'exposer les propriétés mécaniques, n'existant point dans la nature, les formules que nous avons développées dans ce chapitre ne sont point applicables. Notre but, en les exposant, a été de présenter sous une forme méthodique et simple, abstraite de tous les contingents pratiques qui en modifient les résultats, l'ensemble des opérations à faire pour déterminer :

1° La direction du méridien magnétique au moyen d'une aiguille horizontale (55 et 56), et par suite la déclinaison;

2° La composante horizontale de l'intensité, au moyen de cette même aiguille horizontale (58 et 59);

3° L'inclinaison, la composante verticale et encore la déclinaison par une aiguille assujettie dans un plan vertical (60 à 62);

4° La force directrice d'un aimant simple non libre (61, 63, 64).

La formule du numéro 59 nous apprend, en outre, que la loi de Coulomb et de Hansteen, relative aux intensités du magnétisme à différentes distances, n'est vraie qu'entre deux éléments magnétiques. La loi des actions totales est très-différente : lorsque les distances sont considérables, comparées aux dimensions des aimants, leur action totale est inversement proportionnelle aux cubes des distances X sin $\varphi = \frac{2M}{d^3}$.

Enfin, à la rigueur, l'intensité totale pourrait se déterminer d'après les oscillations de l'aiguille assujettie dans un plan vertical coïncidant avec le méridien magnétique, ou dans un azimuth quelconque. Il est facile d'apercevoir les légères modifications que devraient subir les formules, et nous ne pensons pas que cela ait un intérêt actuel suffisant pour nous y arrêter. Ce qui a été plutôt l'objet d'investigations par le secours de la composante verticale, c'est la valeur même de l'angle d'inclinaison, en combinant cette composante verticale avec l'horizontale, ce qui donne $\frac{Y}{X} = \text{tang } i$: c'est ce que nous allons montrer en quelques mots.

66. Considérons un aimant simple que l'on fait osciller d'abord horizontalement, on aura (n° 58) :

$$MX = \frac{\pi^2 K}{T_1^2}.$$

Puis verticalement, avec le pôle austral en bas (n^{os} 58 et 63) :

$$g + MY = \frac{\pi^2 K'}{T_2^2}$$

g est le moment de la pesanteur et K′ le moment d'inertie par rapport à l'axe d'oscillation.

Pour éliminer g et M, nous supposerons que l'on renverse la polarité de l'aimant, et que les moments magnétiques soient modifiés, nous aurons deux nouvelles équations :

$$M'X = \frac{\pi^2 K}{T_3^2} \quad \text{et} \quad g - M'Y = \frac{\pi^2 K'}{T_4^2}$$

entre lesquelles on pourra éliminer M′; les deux premières éliminent de même le moment M, et les deux résultantes élimineront g. On aura finalement :

$$\frac{Y}{X} = \operatorname{tg} i = \frac{K'}{K} \frac{\frac{1}{T_2^2} - \frac{1}{T_4^2}}{\frac{1}{T_1^2} + \frac{1}{T_3^2}}.$$

67. Lorsqu'un barreau de fer doux AB (fig. 20) est placé verticalement, il s'aimante par l'induction terrestre. Un pôle austral se développe à l'extrémité inférieure et un pôle boréal à l'extrémité opposée.

La force induite dans cet aimant de fer doux étant proportionnelle à la composante verticale, pourra être exprimée par $aY = aI \sin i$, a étant une quantité constante.

L'aiguille ab étant déviée du méridien par le voisinage de AB, soit φ l'angle observé, le moment de la force qui tend à la ramener dans le méridien sera MX sin φ ou MI cos i sin φ. Le moment de la force qui la tient écartée sera aMI sin i; la condition d'équilibre est donc :

$$MI \cos i \sin \varphi = aMI \sin i$$

d'où

$$a \operatorname{tg} i = \sin \varphi.$$

Si l'on connaissait le coefficient a, la valeur absolue de i serait facile à déterminer; l'élimination de a conduit au rapport de la variation de i correspondante à celle de φ, de la manière suivante :

$$\log a + \log \operatorname{tg} i = \log \sin \varphi.$$

Différentions par rapport à i et à φ, il vient :

$$\frac{d.\operatorname{tg} i}{\operatorname{tg} i} = \frac{d \sin \varphi}{\sin \varphi}$$

et

$$di = \frac{1}{2} \frac{\sin 2i}{\operatorname{tg} \varphi} d\varphi.$$

Ainsi l'on aura la variation de i en fonction de la variation observée de φ. Nous verrons plus loin comment s'exécute l'application de cette méthode.

CHAPITRE III.

MOMENTS MAGNÉTIQUES.

68. Nous avons envisagé les extrémités d'un aimant simple comme deux points pesants, auxquels le magnétisme est inhérent. Dans les aimants composés, chaque élément matériel est supposé lié à une certaine force magnétique ou quantité de magnétisme.

Soient xyz les coordonnées rectangulaires d'un élément, l'origine étant prise au point central de l'aimant supposé de forme régulière. Soit μ la quantité de magnétisme correspondante à l'unité de volume, $\mu dm = \mu dxdydz$ sera la quantité correspondante à l'élément (*).

Le facteur μ n'est pas constant; il dépend de la position de l'élément : c'est donc une fonction de (xyz) assujettie à être nulle au milieu de l'aimant et à avoir une valeur maxima aux extrémités. Dans la pratique habituelle, où la largeur et l'épaisseur des aimants sont peu considérables relativement à la longueur, la fonction μ varie beaucoup plus avec cette dernière dimension qu'avec les autres. C'est pourquoi l'on considère plus particulièrement la longueur, ou plutôt une certaine direction nommée *axe* magnétique, sur laquelle on suppose concentré tout le magnétisme : alors μ est la quantité de magnétisme, soit positif, soit négatif, correspondant à l'unité de longueur, et μdm désigne la quantité relative à une section de longueur dx suivant cet axe; d'où $\mu dm = \mu dx$.

69. Quand un aimant n'a qu'une seule dimension, comme l'aimant simple, son axe magnétique se confond avec cette dimension, et il n'y a pas lieu de rechercher le moment de sa force par rapport à une autre droite. Il n'en est pas de même lorsqu'on emploie de gros aimants dont les dimensions transversales ne sont point négligeables. On appelle axe magnétique, dans de tels aimants, un axe par rapport auquel la somme des moments magnétiques est un maximum. Cet axe est une direction, et non pas une droite particulière passant par un point particulier du système; chaque

(*) Nous admettons toujours l'homogénéité du barreau.

aimant a donc une infinité d'axes magnétiques, tous parallèles entre eux; cette direction rappelle, par sa définition, l'axe optique des cristaux biréfringents.

70. La proposition du numéro 54 s'applique aussi bien aux aimants composés qu'aux aimants simples.

Soit un aimant ordinaire ab (fig. 21), ayant une section assez petite, et dans lequel le magnétisme boréal occupe la moitié bc, et le magnétisme austral l'autre moitié ca; les deux magnétismes étant d'ailleurs distribués suivant une loi quelconque. Posons $cb = +r$ et $ca = -r$; soit c le centre de rotation; c' un point situé à une distance $cc' = x$, où se trouve un élément magnétique μdm, dont le moment est $\mu x dm$. La somme de tous les moments semblables depuis c jusqu'à b, et depuis c jusque a, c'est-à-dire le moment magnétique de l'aimant sera exprimé par

$$\int_{-r}^{+r} \mu x dm.$$

Si le point fixe est transféré en d, à une distance $cd = \rho$, on aura le moment magnétique exprimé par

$$\int_{-r}^{+r} \mu (x + \rho) dm = \int_{-r}^{+r} \mu x dm,$$

attendu que $\int \rho \mu dm = \rho \int \mu dm = 0$ en vertu de la distribution symétrique de la force positive et de la force négative.

Ce que nous venons d'exposer relativement à la longueur serait vrai pour la largeur et pour l'épaisseur; généralement pour une direction quelconque. De là ce théorème plus général que le précédent :

Dans tout aimant, la somme des moments magnétiques, par rapport à une droite quelconque, est indépendante de l'origine des distances.

71. Désignons par μdm un élément magnétique ayant pour coordonnées (xyz) (fig. 22); soient α, β, γ les angles formés par un axe passant par (x, y, z), avec les axes coordonnés; soit I la distance de μdm à l'origine, nous avons :

$$L = x \cos \alpha + y \cos \beta + z \cos \gamma$$

d'où

$$\int L \mu dm = \int x \mu dm \cdot \cos \alpha + \int y \mu dm \cos \beta + \int z \mu dm \cos \gamma.$$

Soient : $\int x\mu dm = X, \quad \int y\mu dm = Y, \quad \int z\mu dm = Z,$

on aura : $$X\cos\alpha + Y\cos\beta + Z\cos\gamma = \int L\mu dm.$$

Cette équation exprime la somme des moments élémentaires par rapport à une droite quelconque dont la direction est connue.

72. Faisons :

$$X = M\cos\alpha_1, \quad Y = M\cos\beta_1, \quad Z = M\cos\gamma_1$$

$$\cos^2\alpha_1 + \cos^2\beta_1 + \cos^2\gamma_1 = 1;$$

alors

$$M = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2},$$

l'équation ci-dessus prendra cette forme :

$$M(\cos\alpha\cos\alpha_1 + \cos\beta\cos\beta_1 + \cos\gamma\cos\gamma_1) = \int L\mu dm;$$

or le facteur entre parenthèses du 1er membre exprime le cosinus de l'angle de deux droites données par leurs directions respectives $(\alpha\beta\gamma)$ et $(\alpha_1\beta_1\gamma_1)$; soit ω cet angle,

$$M\cos\omega = \int L\mu dm.$$

La valeur maxima du 1er membre correspond à $\omega = o$, et a pour valeur M, de sorte que la valeur maxima de $\int L\mu dm$ sera :

$$M = \int L\mu dm = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}.$$

Donc M est le moment par rapport à l'axe magnétique.

73. *Conclusions.* — 1° Connaissant les moments

$$X = \int \mu x dm, \quad Y = \int \mu y dm \quad \text{et} \quad Z = \int \mu z dm$$

par rapport à trois axes rectangulaires quelconques, on en déduit le moment par rapport à l'axe magnétique, savoir :

$$M = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}.$$

2° Le moment par rapport à une droite quelconque faisant un angle ω avec l'axe magnétique, sera M cos ω.

3° Le moment par rapport à toute droite perpendiculaire à l'axe magnétique est nul, car alors M cos $\omega = 0$.

Si, par exemple, l'axe des x coïncide avec l'axe magnétique, on a :

$$\begin{aligned} M = X &= \int x\mu dm, \\ Y &= \int y\mu dm = 0 \\ Z &= \int z\mu dm = 0. \end{aligned}$$

74. Dans certains développements l'on rencontre une expression de la forme

$$\sum x^u y^v z^t \mu dm \quad \text{ou} \quad \int_{-e}^{+e}\int_{-l}^{+l}\int_{-r}^{+r} x^u y^v z^t \mu dx dy dz,$$

dans laquelle r, l et e indiquent les limites dans le sens de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur du barreau aimanté, supposé de forme régulière, et symétrique par rapport au magnétisme. Cette expression est nulle chaque fois que la somme $u + v + t$ est un nombre pair (*).

Ce théorème, presque évident, est susceptible d'une démonstration très-élémentaire où la règle de la multiplication des signes joue le rôle principal.

La parité de la somme $u + v + t$ s'obtient de trois manières, savoir :

$$\begin{aligned} u + v + t &= 2m + 2n + 2p \\ u + v + t &= (2m + 1) + (2n + 1) + 2p \\ u + v + t &= 2m + (2n + 1) + (2p + 1). \end{aligned}$$

Le signe de μ est toujours le même que celui de x, dans l'hypothèse d'une distribution symétrique du magnétisme. Prenons la première combinaison :

Pour	$+x$,	on a	$+\mu \ldots x^{2m}\mu$	est	$(+)$
et	$+y$	$+z \ldots y^{2n}z^{2p} \ldots$		$(+)$	Produit positif.
		$-z \ldots y^{2n}(-z)^{2p} \ldots$		$(+)$	
	$-y$	$+z \ldots (-y)^{2n}.z^{2p} \ldots$		$(+)$	
		$-z \ldots (-y)^{2n}(-z)^{2p} \ldots$		$(+)$	
Pour	$-x$,	on a	$-\mu \ (-x)^{2m} - \mu$	est	(-1) Produit négatif.
Les autres signes restent comme ci-dessus $\ldots$					$(+)$

(*) Ce théorème est énoncé par Gauss dans le célèbre mémoire : *Intensitas vis magneticæ terrestris ad mensuram absolutam revocatam.* (Commentationes Societatis Gottingensis, t. VIII.)

La somme est donc nulle, du moment que la distribution du magnétisme est symétrique dans le barreau considéré.

En suivant la même marche pour les deux autres combinaisons, on obtient le même résultat.

75. Un aimant libre se place dans la direction où l'entraîne la force terrestre : cela est évident pour les aimants simples. Quant aux aimants composés, leur direction doit être rigoureusement déterminée, et il est clair que ce doit être celle de l'axe magnétique.

Soit NX (fig. 23) la direction de la composante horizontale du magnétisme terrestre; *ab* un aimant libre de se mouvoir autour d'un point C, ou plutôt autour d'un axe vertical passant par ce point; *c* le centre de cet aimant, à partir duquel nous compterons les ordonnées d'un point magnétique *m*, dont la force est μdm.

Le point *m* est sollicité par la force $X\mu dm$ dans le sens *m*X; de ce point *m* abaissons la perpendiculaire *m*C sur l'axe de rotation, le moment de rotation du point *m* sera

$$X\mu dm \times m\mathrm{C} \,.\, \cos\beta \quad \text{ou bien} \quad X\mu dm \times m\mathrm{C} \sin \mathrm{XC}m.$$

Posons

$$\mathrm{XN}c = \alpha;$$
$$cd = x, \quad md = y;$$

soit C*c'* une perpendiculaire commune à l'axe magnétique et à l'axe de rotation; $\mathrm{C}c' = e$, et $cc' = b$.

Menons *mn* parallèle à l'axe magnétique, nous aurons :

$$\mathrm{XC}m = \mathrm{C}mn + \mathrm{XN}c = \mathrm{C}mn + \alpha;$$
$$\cos\beta = \sin \mathrm{XC}m = \sin(\mathrm{C}mn + \alpha) = \sin \mathrm{C}mn \cos\alpha + \cos \mathrm{C}mn \sin\alpha.$$

Or

$$m\mathrm{C} \sin \mathrm{C}mn = \mathrm{C}n = (e - y)$$
$$m\mathrm{C} \cos \mathrm{C}mn = mn = (b + x).$$

Donc $$X\mu dm \,.\, m\mathrm{C} \sin \mathrm{XC}m = X\mu dm \left\{ (e - y) \cos\alpha + (b + x) \sin\alpha \right\}.$$

Dans la situation d'équilibre, on doit avoir :

$$\int X\mu dm \left\{ (e - y) \cos\alpha + (b + x) \sin\alpha \right\} = 0.$$

Or puisque $\int \mu dm = 0$, on a :

$$\int c\mu dm = 0 \quad \text{et} \quad b\int \mu dm = 0;$$

posons $\int y\mu dm = N, \qquad \int x\mu dm = m,$

nous aurons : $$\operatorname{tg} \alpha = \frac{N}{M}.$$

Si *ab* est dirigé suivant l'axe magnétique, M sera un maximum et $N = 0$, alors $tg\ \alpha$ est un minimum.

Or nous avons supposé que le magnétisme est symétrique; si cette hypothèse est vraie, l'aimant se placera donc toujours de façon à ce que son axe magnétique soit parallèle au méridien, quelle que soit la position du point de suspension : par exemple, comme dans la figure 24, où *Sc* est un axe de suspension, tel qu'un fil de soie; LM une règle de bois ou de cuivre attachée à ce fil, et *ab* un aimant placé en équilibre horizontal sur la règle. En retournant les pôles bout à bout, cette expérience servira à vérifier si le barreau a une force régulièrement distribuée.

76. La vraie direction du méridien magnétique est donc donnée par l'axe magnétique de l'aimant suspendu. Par suite d'une différence légère de densité, de trempe ou de section en différents points d'un barreau, l'axe magnétique n'est pas en coïncidence parfaite avec la droite que l'on considère comme l'axe de figure de l'aiguille ou de l'aimant prismatique ou cylindrique. Pour déterminer la vraie direction de l'axe magnétique, on trace une ligne de repère $\alpha\beta$ sur l'aimant; on vise cette ligne avec une lunette à réticule lorsque l'aimant est en équilibre; puis on retourne celui-ci sens dessus dessous, et l'on vise encore la ligne $\alpha\beta$. Généralement on devra faire tourner la lunette pour cette seconde visée, et l'angle décrit sera évidemment le double de celui qui est formé par la droite $\alpha\beta$ et l'axe magnétique.

Notons que cette vérification devra être répétée périodiquement, attendu que la perte du magnétisme peut changer l'angle trouvé; il est superflu d'ajouter qu'il faut la refaire chaque fois que l'on aura interverti la polarité, ou bien que l'on présumera une altération accidentelle du magnétisme.

CHAPITRE IV.

OSCILLATIONS D'UN AIMANT HORIZONTAL. — RÉSISTANCES. — MOMENT D'INERTIE.

§ 1. *Oscillations.*

77. Considérons un point magnétique m d'un aimant fixé par les ordonnées (x, y, z), ayant pour origine le point central de l'aimant; nous supposerons l'axe des x dirigé suivant la composante horizontale du magnétisme terrestre; l'axe des z sera l'axe de rotation, et l'axe des y déterminera avec celui des x le plan horizontal parallèlement auquel peut se mouvoir chaque point du système.

Soit μdm l'élément magnétique correspondant au point m.

L'équation du mouvement du point m est, comme on sait :

$$\left(\frac{d^2x}{dt^2} + \mu X\right) dm dx + \frac{d^2y}{dt^2} dm dy = 0.$$

Ou bien, pour la masse entière, y compris les accessoires de l'aimant :

$$\Sigma\left\{\left(\frac{d^2x}{dt^2} + \mu X\right) dm dx + \frac{d^2y}{dt^2} dm dy\right\} = 0.$$

Chaque point se meut à égale distance de l'axe des z, c'est-à-dire que $r^2 = x^2 + y^2$ est indépendant du temps, et par suite :

$$x dx + y dy = o \quad \text{ou bien} \quad dy = -\frac{x}{y} dx.$$

Donc on aura :

$$\Sigma \frac{y d^2x - x d^2y}{dt^2} dm = -\Sigma \mu X dm.$$

Pour rattacher tous les points du système à un axe appartenant au système lui-même, prenons pour nouvel axe des x l'axe magnétique de l'ai-

maut, avec la même origine; soit θ l'angle $(x'x)$; nous aurons les formules de transformation connues

$$z = z'$$
$$y = x' \sin\theta + y' \cos\theta$$
$$x = x' \cos\theta - y' \sin\theta.$$

D'où l'on tire facilement :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2}\sum r^2 dm = -\sum \mu X (x' \sin\theta + y' \cos\theta)\, dm$$
$$= -X \sin\theta \sum x'\mu dm - \cos\theta \sum y'\mu dm.$$

78. Posons $\sum r^2 dm = K$, moment d'inertie du système mobile,

$\sum x'\mu dm = M$, moment du magnétisme libre de l'aimant suivant l'axe magnétique;

$\sum y'\mu dm = N$ ($= 0$, si la distribution est symétrique).

Considérons d'abord le cas où l'amplitude des oscillations est assez petite pour remplacer sin θ par l'arc θ; alors cos $\theta = 1$, et l'on a :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{MX}{K}\left(\theta - \frac{N}{M}\right),$$

d'où

$$\theta + \frac{N}{M} = A \sin\left(t\sqrt{\frac{MX}{K}} + B\right)$$

A et B sont deux constantes que l'on détermine comme dans le problème (57), savoir :

A, en considérant que la vitesse est nulle, lorsque l'arc décrit atteint sa plus grande valeur; et B en fixant le point de l'arc décrit auquel correspond l'origine des temps, par exemple $\theta = 0$. En désignant par T la durée d'une oscillation simple, on a :

$$MX = \frac{\pi^2 K}{T^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

expression indépendante du défaut de symétrie.

79. Maintenant laissons à θ une valeur quelconque, et soit α sa plus grande valeur. Supposons de plus $N = 0$, il vient :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{MX}{K}\sin\theta$$

qui donne :

$$dt = \frac{d\theta}{\sqrt{2\frac{MX}{K}(\cos\theta - \cos\alpha)}} = \frac{d\theta}{\sqrt{\frac{MX}{K}}\sqrt{\alpha^2 - \theta^2 - \frac{1}{12}(\alpha^4 - \theta^4) - \frac{1}{72}(\alpha^6 - \theta^6)}}$$

d'où

$$dt = \frac{d\theta\left(1 + \frac{1}{24}(\alpha^2 + \theta^2)\right)}{\sqrt{\frac{MX}{K}}\sqrt{\alpha^2 - \theta^2}},$$

enfin,

$$T' = \pi\sqrt{\frac{K}{MX}}\left(1 + \frac{\alpha^2}{16}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

d'où

$$T = \frac{T'}{1 + \frac{\alpha^2}{16}},$$

en appelant T′ la durée d'une oscillation complète, et en négligeant les termes en α^4 et les puissances supérieures. Cette approximation est de $\frac{1}{18800}$ pour un axe de 20°, et comme on n'apprécie pas l'intensité terrestre à moins de $\frac{1}{10000}$, on pourrait, à la rigueur, donner aux oscillations une amplitude de 20°.

Pour un arc total de 88′, la durée des oscillations est augmentée d'un cent millième, et, pour un arc total de 28′, l'augmentation de la durée est seulement d'un millionième. Il résulte de ces chiffres que dans les limites de l'approximation ordinaire, la réduction serait inutile. Or on peut, dit M. Lamont, apprécier les passages de l'aiguille vibrante avec une amplitude de dix minutes.

80. Le procédé pour compter les oscillations a de l'importance : nous nous y arrêterons avant d'étudier plus à fond le phénomène des oscillations magnétiques.

M. Quetelet, choisissant parmi les diverses manières, celle de M. Sabine,

commençait à compter les oscillations sous une amplitude totale de 60°, c'est-à-dire trente degrés des deux côtés du méridien, et terminait à l'amplitude totale de 6 à 8 degrés (*). Le pointage se faisait aux extrémités de l'amplitude où la vitesse est nulle; ce savant comptait le temps de 10 en 10 oscillations jusqu'à la soixantième; puis de 20 en 20 jusqu'à la trois centième; enfin, de nouveau de 10 en 10 pour les soixante oscillations qui suivaient la trois centième.

Les différences des temps pour 300 oscillations et zéro; pour 310 et 10, 320 et 20, etc., donnaient sept valeurs, dont la moyenne était considérée comme la durée de 300 oscillations.

Gauss préférait pointer au passage de l'aiguille dans le méridien, c'est-à-dire au point de plus grande vitesse; ce point, étant fixe, paraît en effet susceptible de plus de précision qu'un point variable à chaque oscillation. Néanmoins les observations simultanées des deux grands expérimentateurs, chacun suivant sa méthode, n'ont abouti qu'à une différence de 0″05 sur 391 secondes.

Le point fixe, dit avec raison M. Quetelet, a le défaut d'obliger l'observateur à se tenir plus près de l'instrument.

§ 2. *Résistance de l'air.*

81. On sait que la diminution d'amplitude est due à la résistance de l'air, et à celle de la suspension (torsion du fil, ou frottement du pivot dans la chape). Ces résistances sont des fonctions de la vitesse; elles peuvent être proportionnelles à la vitesse $\frac{d\theta}{dt}$, ou bien au carré de cette vitesse $\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2$; en tous cas, elles sont opposées au mouvement, c'est-à-dire qu'elles agissent en sens contraire du magnétisme lorsque l'aimant s'approche du méridien, et dans le même sens lorsqu'il s'écarte du méridien.

82. Étudions d'abord le cas où la résistance est proportionnelle à la vitesse, nous aurons l'équation d'équilibre :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{MX}{K}\sin\theta + q\frac{d\theta}{dt} = 0,$$

(*) *Mémoires de l'Acad. de Bruxelles*, t. VI.

dans laquelle q est une quantité constante qui dépend de la nature de la résistance; pour abréger posons $\frac{MX}{K} = f$, et intégrons en supposant θ assez petit pour que $\sin\theta = \theta$; il vient :

$$\theta = Ae^{-\frac{1}{2}qt}\sin\left(t\sqrt{f-\frac{1}{4}q^2}+B\right).$$

On suppose toujours $f > \frac{1}{4}q^2$, et q est toujours de même signe que $\frac{d\theta}{dt}$.

Chaque fois que $t\sqrt{f-\frac{1}{4}q^2}$ est un multiple de π, on a $\theta = 0$; de sorte que la durée d'une oscillation étant T'', nous aurons :

$$T'' = \frac{\pi}{\sqrt{f-\frac{1}{4}q^2}} \quad \text{ou} \quad \pi f^{-1}\left(1-\frac{1}{4}\frac{q^2}{f}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

Développons le binome entre parenthèses, nous aurons

$$T'' = \pi f^{-1}\left(1+\frac{1}{8}\frac{q^2}{f}+\frac{3}{8}\cdot\frac{1}{16}\frac{q^4}{f^2}+\frac{15}{8}\cdot\frac{1}{64}\frac{q^6}{f^3}+\ldots\ldots\right)$$

$$= \pi f^{-1}\left(1+\frac{1}{8}q^2\left(f^{-1}+\frac{3}{16}q^2f^{-2}+\frac{15}{64}q^4f^{-3}+\ldots\ldots\right)\right.$$

Or on a :

$$\frac{T''^2}{\pi^2} = \left(f-\frac{1}{4}q^2\right)^{-1} = f^{-1}+\frac{1}{4}q^2f^{-2}+\frac{1}{16}q^4f^{-3}+\ldots\ldots\Big)$$

Et si nous rappelons (n° 78) que $T = \frac{\pi}{\sqrt{f}}$, on a :

$$T = \frac{T''}{1+\frac{1}{8}q^2\frac{T''^2}{\pi^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

83 Les plus grandes valeurs de θ correspondent à des multiples impairs de $\frac{1}{4}\pi$ pour l'arc $t\sqrt{f-\frac{1}{4}q^2}$. Les durées sont alors :

$$\frac{1}{2}T'', \quad \frac{3}{2}T'' \ldots\ldots\ldots \frac{2n-1}{2}T''$$

et les valeurs de θ ou élongations successives :

$$Ae^{-\frac{1}{4}qT''}, \quad Ae^{-\frac{3}{4}qT''} \ldots\ldots\ldots Ae^{-\frac{2n-1}{4}qT''}$$

Posons

$$\alpha_n = Ae^{-\frac{2n-1}{4}qT''}$$

$$\alpha_1 = Ae^{-\frac{1}{4}qT''}$$

nous aurons

$$\alpha_n = \alpha_1 e^{-\frac{n-1}{2}qT''}.$$

D'où suit ce théorème : une résistance proportionnelle à la vitesse diminue l'amplitude suivant une progression géométrique ayant pour raison $e^{-\frac{1}{2}qT''}$.

84. Cette loi donne la valeur de T'' en fonction de la première et de la dernière élongation, savoir, en logarithmes ordinaires :

$$\frac{1}{2}qT'' = \frac{\log\alpha_1 - \log\alpha_n}{(n-1)\log e}.$$

L'observation d'un aimant oscillant qui n'éprouve aucune autre résistance que celle de l'air et du fil de suspension en soie, donne, d'après M. Lamont :

$$\frac{\log\alpha_1 - \log\alpha_n}{n-1} = 0{,}00150; \quad \text{et comme} \quad \pi = 3{,}14159, \ \log e = 0{,}43430,$$

il vient

$$\frac{1}{8}q^2\frac{T''^2}{\pi^2} = \frac{1}{2205000}.$$

Telle est la mesure de l'erreur commise en prenant la valeur de T au lieu de la valeur réelle de T''. On peut en conclure que dans notre hypothèse, la résistance de l'air et du fil de cocon n'influe pas d'une manière sensible sur la durée des oscillations, comme Coulomb l'avait affirmé (*).

85. Si nous attribuons à $\frac{d\theta}{dt}$ dans le produit $q\frac{d\theta}{dt}$, la valeur abstraite trouvée n° 89, savoir :

$$\frac{d\theta}{dt} = \sqrt{2f}.\sqrt{\cos\theta - \cos\alpha},$$

ce qui revient à supposer la résistance assez petite pour admettre une première approximation de cette nature, il vient

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} \pm q\sqrt{2f}\sqrt{\cos\theta - \cos\alpha} + f\sin\theta = 0.$$

(*) *Mémoires des savants étrangers de l'ancienne Acad. de Paris*, t. XI.

Le signe + du second terme se rapporte à la demi-période pendant laquelle l'aiguille s'éloigne du méridien, et où par conséquent la résistance favorise l'action directrice de la terre; le signe — se rapporte à la demi-période opposée.

Comme $\alpha > \theta$, posons

$$\theta^2 = \alpha^2 \sin^2 x \quad \text{et} \quad h^2 = \frac{\alpha^2}{1.2},$$

alors

$$\cos\alpha = 1 - h^2 \quad \text{et} \quad \cos\theta = 1 - h^2 \sin^2 x.$$

La première intégration donnera, en négligeant les puissances de h supérieures à la seconde :

$$t\sqrt{f} + \text{const} = x + \frac{1}{8}h^2 x - \frac{1}{16}h^2 \sin^2 x$$
$$\pm \frac{1}{2}\frac{q}{\sqrt{f}}\left(x - \frac{1}{2}\pi\right)\operatorname{tg} x\left(1 + \frac{5}{8}h^2\right) \mp \frac{1}{16}h^2\frac{q}{\sqrt{f}}(x^2 - \pi x).$$

Le signe supérieur correspond aux limites de x ... 0 et $\frac{\pi}{2}$, le signe inférieur aux limites $\frac{\pi}{2}$ et π. Si nous donnons à T'' la même signification que précédemment (92 à 94), et à T sa valeur du n° 78 $= \frac{\tau}{\sqrt{f}}$, nous obtenons :

$$T = \frac{T''}{1 + \frac{1}{8}h^2\left(1 + \frac{1}{4}\frac{\pi q}{\sqrt{f}}\right)} = \frac{T''}{1 + \frac{1}{16}\alpha^2\left(1 + \frac{1}{4}\frac{\pi q}{\sqrt{f}}\right)}.$$

Rapprochant cette formule de l'équation (2) du n° 79, nous voyons qu'elle n'en diffère que par un multiplicateur constant affecté au second terme du dénominateur; ce facteur dépend du coefficient q, c'est-à-dire de la nature de la résistance.

86. Examinons rapidement les conséquences de la seconde loi de résistance; celle-ci variant comme le carré de la vitesse, on a l'équation du mouvement :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} \pm q\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 + f\sin\theta = 0.$$

Pour le signe de q, il faut, comme nous l'avons déjà dit, tenir compte

la relation de sens qui existe dans chaque période entre la force directrice de la terre et la résistance.

Si l'amplitude est assez petite pour que sin $\theta = \theta$, on a deux valeurs de $\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2$ correspondantes aux deux signes de q; ces valeurs expriment la loi de la vitesse dans chacune des deux périodes qui composent une oscillation simple, une période à vitesse croissante et une période à vitesse décroissante. Dans ces deux périodes successives les élongations diffèrent déjà; mais les vitesses maxima de ces deux périodes sont toujours égales, lors du passage par le méridien magnétique. Appelons :

α_0 l'élongation dans la première période, vitesse croissante;

α_1 l'élongation dans la seconde période, vitesse décroissante; de plus, si nous considérons α_0 et α_1 comme des quantités très-petites, et q, ainsi que $h = \alpha_0 - \alpha_1$ comme du second ordre, nous aurons

$$h = \alpha_0 - \alpha_1 = \frac{4}{3} q \alpha_0^2 .$$

Passant de la seconde période à la troisième, et ainsi de suite en appelant $\alpha_1\, \alpha_2\, \alpha_3 \ldots \alpha_n$ les élongations successives, on aurait

$$\alpha_1 - \alpha_2 = \frac{4}{3} q \alpha_1^2$$

$$\alpha_2 - \alpha_3 = \frac{4}{3} q \alpha_2^2, \qquad \text{etc.,}$$

et enfin en négligeant la 4^{me} puissance de α_0

$$\alpha_n = \alpha_0 - \frac{4}{3} n q \alpha_0^2 + \frac{16}{9} n (n-1) q^2 \alpha_0^3 .$$

Ayant observé α_0 et α_n on peut calculer la valeur de q savoir :

$$q = \frac{5}{4} \frac{1 - \sqrt{1 - \left(1 - \frac{\alpha_n}{\alpha_0}\right) \frac{4(n-1)}{n}}}{2(n-1)\alpha_0} .$$

87. Si la grandeur des amplitudes ne permet pas de remplacer $\sin\theta$ par θ, et si q est une quantité assez petite pour que l'on puisse introduire dans l'équation différentielle (n° 85) la valeur de $\frac{d\theta}{dt}$ obtenue, abstraction faite des résistances, on aura :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} \pm q(\cos\theta - \cos\alpha) + f\sin\theta = 0.$$

En observant, comme nous l'avons déjà fait, que $\alpha > \theta$ et posant $\theta^2 = \alpha^2\sin^2\varphi$ et $h^2 = \frac{\alpha^2}{1.2}$; enfin, en observant aussi les limites qui correspondent aux signes de q, il vient :

$$T = \frac{T''}{1 + \frac{1}{8}h^2} = \frac{T''}{1 + \frac{1}{16}\alpha^2},$$

formule identique avec celle du n° 79 (2).

88. Nous ne nous sommes pas étendus sur les détails des cas où la résistance est proportionnelle au carré de la vitesse, nous n'en avons mentionné que les résultats, qui peuvent être comparés à la réalité expérimentale. Les conclusions légitiment cette abréviation : en effet, nous avons vu (n^{os} 82 à 84) que si la résistance est simplement proportionnelle à la vitesse, les arcs décrits de chaque côté de la ligne moyenne diminuent suivant une progression géométrique; et que la réduction de la durée réelle à la durée correspondante aux arcs infiniment petits, se fait en multipliant l'arc par une constante qui dépend de la résistance.

Si la résistance varie avec le carré de la vitesse, la diminution est moins rapide (n° 85) que la précédente, et la réduction de la durée réelle à la durée correspondante aux oscillations infiniment petites se fait suivant la même loi que si la résistance était nulle.

Or l'expérience vérifie la première loi relativement à l'air, au frottement des pointes ou des axes, et à l'influence de corps susceptibles d'induction, tels que le fer par le simple voisinage, ou le cuivre par le mouvement. Cependant la réduction correcte de la durée réelle à la durée des oscillations infiniment petites exigerait pour la formule (2) du n° 79, le calcul d'un plus grand nombre de termes. On pourrait substituer à ce calcul l'introduction

d'un coefficient a, qui serait déterminé expérimentalement et donnerait la formule

$$T = \frac{T'}{1 + \frac{1}{16} a^2 \alpha^2}.$$

Il est à peine nécessaire de faire remarquer que la réduction qui résulte de cette formule a d'autant moins d'importance que l'aimant oscillant est plus gros, c'est-à-dire que son moment d'inertie est plus fort.

89. A différentes reprises le grand poids des barreaux a été signalé à Göttingue comme une condition importante de l'exactitude des mesures. Lloyd, au contraire, donnait la préférence aux aiguilles légères; de part et d'autre l'opinion n'avait d'appui dans aucune donnée positive de l'expérience. M. Lamont, qui avait d'abord adopté les indications de Göttingue, et y avait trouvé quelques difficultés, résolut de trancher la question par l'étude comparative des faits.

Après avoir constaté des différences importantes sur deux aimants, l'un de deux kilogrammes environ, l'autre de douze, il prit une aiguille de deux grammes, ayant seulement 2 1/2 pouces de long, la renferma sous une cloche de verre, au-dessus d'une plaque de cuivre, et compara sa marche avec celle de l'aimant de douze kilogrammes. D'abord la petite aiguille était plus stable que le gros aimant : une seule lecture suffisait pour noter sa position; mais il n'y avait pas conformité d'indication. Cette différence pouvait venir de la plaque de cuivre; M. Lamont y substitua une plaque de verre, et l'aiguille, toujours exempte de mouvements, continua à manifester des différences de marche, relativement à l'aimant. Mais le petit instrument éprouvait, surtout le matin, non pas des oscillations régulières, mais des agitations oscillatoires irrégulières et brusques, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, et des arrêts tout aussi brusques.

Un second appareil léger fut installé; ses indications concordaient avec celles du premier, même dans les plus petits détails, lorsque les observations ne duraient que 10 à 15 minutes. Il en était tout autrement lorsque l'on comparait les mesures par heure; cinq aiguilles montées de la même manière donnèrent cinq résultats différents entre eux.

M. Lamont injecta de l'alcool d'un côté de l'une des cloches, et, à l'aide d'une lunette, observa un mouvement lent, continu, sans oscillation, durant plus de dix minutes; puis un retour plus lent encore. La même injection répétée sur la face opposée de la cloche donna lieu au même phénomène, en sens contraire. La conséquence de cette épreuve est évidente; si la masse d'air renfermée avec l'aiguille est considérable, la moindre différence de température occasionne des courants d'air intérieurs, de longue durée, et suffisamment forts pour entraîner une aiguille libre. Les variations diurnes de la température, avant d'être uniformes dans tout l'espace où étaient les instruments, étaient la seule cause des différences remarquées entre les divers instruments. Pour affermir cette conclusion, M. Lamont employa des paravents afin d'empêcher les courants d'air d'atteindre trop brusquement les cloches, et les écarts précédents disparurent.

Or l'influence des courants d'air est d'autant plus considérable que la surface atteinte est plus grande; le moment d'inertie des barres magnétiques n'augmente pas proportionnellement à leur surface; c'est ce qui explique l'état d'instabilité et de vibrations non isochrones, qui existent continuellement chez les gros aimants. Il faut conclure de ce qui précède que les aimants libres doivent être renfermés dans des espaces aussi rétrécis que possible : en Angleterre on fait les boîtes spacieuses pour faciliter le montage des appareils, mais on les rétrécit ensuite par des cales ajustées avec des échancrures pour ne laisser à l'aiguille que le champ nécessaire aux mouvements essentiellement magnétiques.

L'expérience fondamentale du défaut d'uniformité de marche des instruments renfermés dans de grandes boîtes a été répétée à Bruxelles, à Greenwich, à Cambridge (Amérique du Nord), et partout avec les mêmes conclusions. La pratique anglaise a été adoptée, sous ce rapport, par M. Lamont à l'Observatoire de Munich.

§ 3. *Torsion.*

90. La résistance, avons-nous dit, qui s'oppose à la mobilité de l'aiguille, et qui tantôt agit en sens contraire de l'action directrice du globe, tantôt

favorise cette action, se compose de l'inertie de l'air à mettre en mouvement par le déplacement de l'aimant, du frottement des pivots, de la torsion du fil de suspension.

Ce qui précède suffira pour étudier la première force nuisible : quant à la seconde, celle des pivots, elle est très-incertaine. Cela tient à la difficulté d'exécution des tourillons ou pivots, difficulté qui se montre surtout dans l'imperfection ordinaire, et jusqu'ici insurmontable, des instruments destinés à mesurer l'inclinaison magnétique, imperfection qui a forcé les expérimentateurs à chercher un détour pour l'étude des variations. Nous ne nous arrêterons pas sur cet objet, faute de renseignements suffisants pour établir avec netteté l'appréciation des erreurs, et de leurs sources ordinaires ou accidentelles.

Le frottement des pointes en particulier a cet inconvénient grave, qu'il empêche le retour complet d'un aimant à sa position d'équilibre naturel, après que la cause de déviation a cessé d'agir ; et si la force directrice surmonte le frottement, ce sera pour entraîner l'aimant au delà de la position exacte, et être tôt ou tard vaincue encore. La considération de ce fait suffit, nous semble-t-il, pour rejeter le système des pointes, ou des tourillons, ou des couteaux lorsque la chose est possible; or elle est possible pour les appareils à mouvement horizontal.

91. Nous nous bornerons donc à l'étude de la torsion, dont l'influence se fait sentir avec une assez grande intensité sur la durée des oscillations d'un aimant, surtout lorsque celui-ci, étant gros, exige des fils nombreux pour le supporter, si l'on emploie des fils de cocon, ou de gros fils si l'on emploie des fils métalliques, d'acier, d'argent ou de cuivre argenté.

92. Quant aux fils de soie, les expérimentateurs recommandent de les prendre tels qu'ils viennent du dévidoir, et d'en employer un seul pour les petites aiguilles, un certain nombre assemblés parallèlement entre eux lorsque le poids de l'aimant l'exige.

Dans le premier cas, depuis le moment de l'installation jusqu'à une époque assez éloignée, le fil s'allonge, et en même temps il se tord. Il en est de même dans le second cas, mais alors le mouvement d'extension dure beaucoup plus longtemps, cinq à six mois, dit M. Lamont (*). L'élasticité ramène

(*) *Handbüch des Erdmagnetismus*, p. 108.

le fil vers sa dimension primitive si l'on enlève la charge; en la remettant, on observe de nouveau un allongement lent, mais pas aussi considérable que le premier. Cet inconvénient n'appartient pas exclusivement aux fils de soie; l'acier le plus élastique offre les mêmes effets. Il résulte de là que les manipulations nombreuses doivent être évitées pour les observations délicates; ce qui indique, pour les établissements bien montés, l'utilité d'instruments spéciaux affectés à chaque genre d'observation.

93. Les lois de la torsion apprennent que cette force est inversement proportionnelle à la longueur des tiges, et proportionnelle à la quatrième puissance de leur diamètre.

La résistance à la traction est proportionnelle au carré du diamètre; donc pour que le rapport de la résistance due à la torsion au moment magnétique fût toujours le même, il faudrait que ce moment fût proportionnel au carré du poids. Or il n'en est pas ainsi, puisque, en vue de la rigidité du barreau, on doit augmenter sa section en même temps que sa longueur : donc le rapport de la torsion au moment magnétique sera toujours plus grand pour les grands aimants que pour les petits. Ainsi pour un aimant de 12 kilogrammes la force de torsion d'un fil ayant l'énorme longueur de 12 pieds serait $\frac{1}{250}$ de la force magnétique, tandis qu'un seul fil de 18 pouces n'opposerait à l'aiguille qu'il peut supporter qu'une résistance de $\frac{1}{10000}$ de sa force magnétique.

94. Nous supposerons connus les divers modes d'attache des fils de suspension, et des dispositifs propres à mesurer les angles de torsion; nous nous occuperons seulement ici de l'influence de cette force sur la loi des oscillations.

Imaginons qu'à partir d'un plan vertical qui contient le fil et l'axe de l'aimant, on ait donné au fil une torsion de v degrés et que par là l'aimant éprouve une déviation de φ degrés. Soit q le coefficient de torsion; nous aurons :

$$MX \sin \varphi = q (v - \varphi),$$

ou si les angles sont assez petits

$$MX\varphi = q (v - \varphi), \quad \text{ou} \quad \frac{MX}{q} = \frac{v}{\varphi} - 1 = n.$$

La durée des oscillations sera donnée par la formule

$$T'^2 = \frac{\pi^2 K}{MX + q}.$$

Et en multipliant cette expression par $\frac{n+1}{n}$, c'est-à-dire par $\frac{MX+q}{MX}$, nous aurons la formule connue, exprimant la durée des oscillations infiniment petites sans résistance

$$T^2 = \frac{\pi^2 K}{MX}.$$

Le coefficient de correction dépend, comme on voit, du moment magnétique de l'aimant et de l'intensité terrestre aussi bien que du coefficient de torsion.

95. Voici un exemple de la méthode à suivre pour effectuer cette correction d'après Gauss (*).

On observe simultanément deux aiguilles, suffisamment séparées l'une de l'autre pour ne pas s'influencer, et dont l'une est suspendue sans torsion, pour n'obéir qu'à l'action terrestre. Cette précaution est nécessaire lorsque les observations ont une certaine durée afin de tenir compte de la variation diurne.

Ces observations tirées du journal du 22 septembre 1832 a donné les chiffres suivants :

		Première aiguille.		Seconde aiguille.	Réduction de la première.
	Heure.	v.	u.	u.	u à $9^h37'$
N° 1	$9^h55'$	300° (**)	$0°4'19''5$	$0°2'12''1$	$0°4'19''5$
N° 2	$9^h57'$	240°	$-0°0'19''6$	$0°1'37''7$	$0°0'14''8$
N° 3	$10^h16'$	180°	$-0°4'40''5$	$0°1'18''8$	$-0°5'47''2$.

Ainsi l'angle de rotation $300° - 240° = 60°$ correspond à la déviation

$$0°4'19''5 - 0°0'14''8 = 4'4''7.$$

(*) *Intensitas vis magnet.*, etc. Commentationes Gottingensis, t. VIII.

(**) Cet angle de 300° est le point de départ. C'est le point de l'index, le fil étant supposé sans torsion.

$$\frac{MX}{q} = \frac{v}{u} - 1 = \frac{60^{\circ}}{44,7} - 1 = 881,7 \ldots\ldots \frac{n+1}{n} = \frac{882,7}{881,7}.$$

$$T^2 = T'^2 \times \frac{882,7}{881,7}.$$

La combinaison des expériences 2 et 3 donnerait :

$$T^2 = T'^2 \times \frac{892,5}{891,5}.$$

Enfin les expériences 1 et 3 :

$$T^2 = T'^2 \times \frac{887,6}{886,6}.$$

Ces coefficients de correction montrent que la torsion des fils de soie est peu considérable. La valeur de q, dans les expériences qui précèdent, est environ $\frac{1}{1000}$ de la valeur de MX.

96. Dans la détermination de la déclinaison absolue, on a coutume de négliger la torsion du fil simple : il est bien vrai qu'un angle de torsion de 360 degrés, donné à un fil simple, ne produit qu'une déviation imperceptible de l'aimant ; cette déviation serait à peine aussi grande que celle qui correspond à une torsion de 2 ou 3 degrés dans un écheveau soutenant un gros aimant. Mais il est tout aussi vrai qu'un fil simple peut faire dix tours sur lui-même, tandis qu'un gros écheveau ne ferait qu'un angle de quelques degrés; et l'énorme torsion du fil simple est plus difficile à éviter et à apercevoir que la minime torsion d'un volumineux assemblage.

§ 4. *Moment d'inertie.*

97. L'emploi de la formule (1) du n° 78 est subordonné à la connaissance du moment d'inertie de l'aiguille oscillante. Le calcul fournira cet élément à l'aide des dimensions et du poids du barreau, lorsque la forme est régulière, et la matière homogène.

L'axe des z servant toujours d'axe de rotation, comme précédemment, on aura :

$$\int r^2 dm = \iiint (x^2 + y^2)\, dx dy dz.$$

Comme nous avons, en vue de la simplicité des formules, désigné par dm l'élément de volume, chacun des membres de cette égalité devra être multiplié par la densité δ du barreau.

Pour un parallélipipède rectangle, d'épaisseur constante, dont p est le poids, l et a respectivement la longueur et la largeur, on aura :

$$K = \frac{1}{12}(l^2 + a^2)\,p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Pour un cylindre de poids p, de longueur l, de rayon r,

$$K = \frac{1}{12}(l^2 + r^2)\,p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Enfin pour un losange d'épaisseur constante, de poids p, de longueur l, et de largeur a,

$$K = \frac{1}{48}(l^2 + a^2)\,p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Les formules (1) et (2) se réduisent à $\frac{1}{12}l^2p$ si les dimensions transversales sont négligeables comparativement à la longueur. La formule (3) montre qu'à poids égal, la forme de losange donnée aux aiguilles réduit au quart le moment d'inertie.

98. Telle est la méthode la plus directe et la plus simple pour donner à la formule du mouvement oscillatoire tous les éléments qui permettent de déterminer MX après avoir observé T. Mais la supposition sur laquelle reposent ces calculs (la régularité de la forme et l'homogénéité de la substance) n'est jamais bien fondée en pratique, surtout pour les aimants légers. C'est pourquoi l'on est obligé de recourir à des voies plus compliquées. En général elles consistent à appliquer sur l'aimant suspendu une surcharge, et à observer les durées d'oscillations correspondant respectivement à l'aimant réduit à ses accessoires indispensables, et à l'aimant surchargé.

Ainsi, soit R le moment d'inertie du poids appliqué sur le barreau, on aura deux formules, savoir :

$$T^2 = \frac{\pi^2 K}{MX} \quad \text{et} \quad T'^2 = \frac{\pi^2 (K + R)}{MX},$$

d'où $$K = \frac{RT^2}{T'^2 - T^2} \quad \text{ou bien} \quad K = \frac{R}{\frac{T^2}{T'^2} - 1}.$$

Si donc l'on connaît exactement la valeur de R, il sera possible de connaître exactement K.

Gauss est le premier qui ait exécuté la recherche de K par cette méthode, indiquée par Poisson. MM. Weber et Lamont l'ont modifiée.

99. Remarquons d'abord que quelle que soit la marche expérimentale adoptée, il est nécessaire, pour obtenir la plus grande approximation possible, que le terme $\frac{T'^2}{T^2}$ soit sensiblement différent de 1, c'est-à-dire que la charge supplémentaire doit offrir un moment d'inertie assez grand relativement à celui de l'appareil magnétique.

Cependant la surcharge ne doit pas toucher la limite à laquelle la loi du mouvement serait assez ralentie pour être incertaine, et ne pouvoir être déterminée avec une exactitude suffisante. L'expérience fixe à peu près le moment d'inertie supplémentaire à trente-cinq fois celui de l'instrument magnétique; cette limite permet des déterminations assez exactes, mais ne doit pas être dépassée (*).

100. Pour déterminer la valeur de K, Gauss posait en travers de l'aimant une règle de bois, à laquelle il suspendait deux poids en équilibre, à l'aide de pointes très-fines, de façon que les points d'application de ces forces auxiliaires soient sur une droite horizontale, perpendiculaire au fil de suspension, et à égale distance de part et d'autre de cet axe.

Désignons par C le moment d'inertie de la règle; par $2r$ la distance des points d'attache des poids auxiliaires p; en donnant à $2r$ différentes valeurs $2r'$, $2r''$..., les durées d'oscillations seront respectivement données par les relations :

$$T^2 \times MX = \pi^2 K,$$
$$T'^2 \times MX = \pi^2 (K + C + 2pr'^2),$$
$$T''^2 \times MX = \pi^2 (K + C + 2pr''^2), \text{ etc.}$$

Posons $$y = \frac{K + C}{2p} \quad \text{et} \quad \frac{1}{x} = \frac{2p\pi^2}{MX};$$

(*) Lamont, *Handbüch des Erdmagnetismus*, p. 77.

alors : $$T'^2 = \frac{r'^2 + y}{x}, \qquad T''^2 = \frac{r''^2 + y}{x}, \text{ etc. ...}$$

Les valeurs de y et x se déduiront d'un grand nombre d'observations des valeurs de T′, T″, etc.

La valeur de x, donnant MX, celle-ci donnera K;

La valeur de y et celle de K donneront C.

101. Il est bien entendu qu'il faudra tenir compte des variations magnétiques qui ont lieu dans la durée des essais, au moyen d'une seconde aiguille (n° 95). Il faut aussi remarquer que la valeur de n relative à la torsion (n° 95) varie avec la charge; enfin il faut ramener les durées observées aux amplitudes infiniment petites, et corriger les erreurs du chronomètre, s'il y a lieu. Voici un exemple de calcul donné par Gauss, pour Göttingue 11 septembre 1832 :

NUMÉRO des expériences.	AIGUILLE CHARGÉE.		SECONDE AIGUILLE non chargée.	RÉDUCTION de la première.
	Distances.	Durée d'une oscillation.	Durée d'une oscillation.	
1	$r = 480$ millim.	24″63956	17″32191	24″65717
2	$r = 130$ »	20,77576	17,32051	20,79228
3	$r = 80$ »	17,66798	17,31633	17,68610
4	$r = 30$ »	15,80310	17,30529	15,82958
5	Sans charge.	15,22990	17,31107	15,24515

Le poids $p = 103257{,}20$ milligrammes; le poids de l'aimant $= 962$ milligrammes.
Pour les expériences nos 1 à 4, $u = 424{,}8$; et pour l'expérience n° 5, $u = 597.4$.

La dernière colonne donne les durées corrigées des effets de la torsion, et rapportées à l'état magnétique correspondant à l'expérience n° 5, en tenant compte de l'erreur du chronomètre.

Les observations 1 et 4 donnent d'abord :

$$x = 88{,}15646; \quad y = 21184{,}85; \quad \text{MX} = 179641070;$$

l'observation 5 donne ensuite

$$K = 4250282000, \quad \text{puis} \quad C = 144694000.$$

De cette première approximation l'on passe à la suivante :

$$x = 88{,}10416; \quad y = 21172{,}47; \quad MX = 179575250,$$

de sorte que l'observation 5 donne enfin

$$K = 4228752400; \quad \text{enfin} \quad C = 145686600.$$

Si l'on calcule les valeurs de T′, T″.... au moyen des valeurs de x et de y affectées des corrections, les différences des résultats du calcul et de l'observation ne s'élèvent pas à 0″005 dans un sens ou dans l'autre.

102. L'action de la gravité à Göttingue étant $9811^{mm},63$, la valeur de MX rapportée à cette unité sera (voir n° 49) :

$$\frac{179575250}{9811{,}65} = 18302{,}29.$$

Cela revient à dire que le magnétisme exerce sur l'aiguille une pression équivalente à la pression de $18302^{milligr.},29$ appliquée à un levier d'un millimètre de longueur.

103. M. Weber a supprimé la règle pour les petits aimants : il a suspendu des poids au moyen d'un fil de cocon, passant le long de l'aimant; ou bien un cylindre de cuivre par deux œillets de cocon passés aux extrémités, comme le montre la figure 25.

104. M. Lamont, pour déterminer le moment d'inertie des aimants, y applique des anneaux de cuivre ou de verre, très-exactement exécutés. Cette pièce, comme on sait, se confectionne dans les ateliers à l'aide de l'outil le plus parfait, le tour; c'est aussi l'outil dont le travail est le plus facile à vérifier; toute section méridienne de ce corps est limitée par quatre droites.

La forme annulaire est celle dans laquelle l'irrégularité de constitution intérieure présente le moins d'inconvénient.

Il s'agit dans la formule du n° 98

$$K = \frac{R}{\frac{T'^2}{T^2} - 1},$$

de déterminer R avec la plus grande rigueur possible.

Imaginons l'anneau posé sur un aimant dont l'horizontalité soit assurée et dont l'axe de suspension coïncide avec celui de l'anneau. Coupons celui-ci par un plan horizontal qui le partage en deux parties égales, et plaçons l'origine des coordonnées au point de rencontre de ce plan avec l'axe de suspension.

Soit Δ la densité constante de l'anneau; considérons un point (x, y, z) dont la distance à l'axe de suspension soit r, et posons $x = r\cos\varphi$, $y = r\sin\varphi$. Nous aurons, comme on sait,

$$R = \iiint \Delta r^3 dz \, . \, d\varphi \, . \, dr.$$

Si nous intégrons entre $\varphi = 0$ et $\varphi = 2\pi$, et entre $r = r_1$ et $r = r_2$, il vient :

$$R = \frac{1}{2}\pi\Delta \int (r_2^4 - r_1^4)\, dz.$$

105. Imaginons que les parois cylindriques ne soient pas rigoureusement parallèles à l'axe; soient ρ_1 et ρ_2 les rayons moyens intérieur et extérieur, et tels que

$$r_1 = \rho_1 + \alpha_1 z, \qquad r_2 = \rho_2 + \alpha_2 z,$$

α_1 et α_2, même avec une fabrication médiocre, sont toujours assez petits pour que l'on puisse négliger leurs carrés; alors on aurait :

$$R = \frac{1}{2}\pi\Delta \int (\rho_2^4 - \rho_1^4)\, dz = \frac{1}{2}\pi\Delta\,(\rho_2^4 - \rho_1^4)\, e$$

en désignant par e l'épaisseur de l'anneau suivant l'axe des z.

Le poids $p = \pi\Delta\,(\rho_0^2 - \rho_1^2)e$, donc :

$$R = \frac{1}{2}(\rho_2^2 + \rho_1^2)\, p.$$

Pour être certain de la mesure des diamètres, il faut vérifier le parallélisme des faces planes de l'anneau.

106. Pour intégrer l'expression qui donne la valeur de R, nous avons supposé Δ constant; et, à la vérité, il faut choisir une substance dans laquelle les irrégularités de densité soient le moins à craindre. S'il existe de ces irrégularités dans la substance, on peut croire généralement que la densité varie suivant une direction dans toute l'étendue du corps.

La variation, soit en augmentant, soit en diminuant, dans le sens vertical ou horizontal, n'affectera pas la valeur de R. Cherchons l'erreur qui pourrait exister si Δ est une fonction de r. A cet effet, posons :

$$\rho_1 = 1,$$
$$\rho_2 = 1 + d\rho,$$
$$r = 1 + x,$$
$$\Delta = \Delta'(1 + \alpha x + \beta x^2 + \gamma x^3 + \ldots\ldots):$$
$$R' = \frac{1}{2}(\rho_2^2 + \rho_1^2)\rho,$$

nous aurons

$$R = R'\left(1 + \frac{1}{6}\alpha d\rho_1^2 - \frac{1}{2}(\alpha - 2\beta + \alpha^2)d\rho_1^3 - \frac{1}{60}(5\alpha - 10\alpha^2 - 15\alpha^3 + 30\alpha\beta - 24\beta - 54\gamma)d\rho_1^5 \ldots\right).$$

En faisant $d\rho = \frac{1}{10}\rho$ et supposant que l'observation ait donné $\frac{T'^2}{T^2} - 1 = 15$, il en résulterait pour K une erreur de $\frac{1}{1000}$.

107. On peut toujours, après avoir vérifié l'exactitude de la forme de l'anneau, reconnaître s'il comporte une trop grande irrégularité de structure intérieure. Il suffira de le centrer sur une tige flexible, et de le placer sur le tour marchant à grande vitesse; la force centrifuge fera fléchir la tige du côté de la plus grande densité, et l'on pourra, par la flèche, mesurer ou avoir au moins une idée de l'irrégularité, si l'on ne veut pas aller jusqu'à la mesure.

On peut encore le suspendre à un fil par différents points de la périphérie, et le faire osciller : si la durée des oscillations diffère dans les différentes positions, on aura aussi une appréciation assez délicate de l'irrégularité intérieure.

Cette recherche méticuleuse est peu nécessaire en choisissant convenablement la substance de l'anneau, et en comparant les valeurs de K données par plusieurs anneaux. On peut alors, en toute sécurité, rejeter celui qui donne les plus grands écarts.

CHAPITRE V.

ACTION RÉCIPROQUE DE DEUX AIMANTS.

§ 1. *Considérations générales.*

108. Pour mesurer l'intensité magnétique du globe, la méthode consiste généralement à observer la durée d'un même nombre d'oscillations d'un aimant, en divers lieux, et à considérer l'intensité comme étant inversement proportionnelle au carré de cette durée.

On peut ainsi comparer les intensités totales, lorsque l'aiguille aimantée est fixée sur un axe horizontal perpendiculaire au méridien magnétique; ou bien les composantes horizontales de ces intensités, lorsque l'aiguille, maintenue dans un plan horizontal, est fixée sur un pivot ou suspendue à un fil, et oscille autour d'un axe vertical. Il ne reste qu'à choisir le mode qui offre le plus de précision : comme c'est l'aiguille horizontale qui est dans ce cas, on ramènera les intensités observées aux intensités totales, par la connaissance de l'inclinaison, savoir :

$$I = \frac{X}{\cos i}.$$

109. Sans parler des difficultés d'exécution qui peuvent être vaincues par la patience et l'habileté, cette méthode comporte des inconvénients naturels qui ressortent des propriétés des aimants artificiels sur lesquelles nous nous sommes étendu dans les premiers chapitres de ce travail. Nous allons les résumer au point de vue des applications dont il s'agit.

La distribution du magnétisme libre de l'aimant employé n'est pas invariable avec le temps; la force diminue, et les oscillations de l'aimant se ralentissent. Faute d'avoir égard à cette diminution, l'on attribuerait une valeur trop faible à l'action terrestre des stations explorées.

Cependant, si les observations n'étaient séparées que par des intervalles de temps très-courts, l'inconvénient signalé serait moins à craindre. Toutefois la vérité des résultats exige qu'au retour de l'excursion la durée des oscillations, notée au point de départ, soit vérifiée. L'emploi simultané de plusieurs aiguilles est aussi une précaution qu'il importe de ne pas négliger, pour avoir le contrôle si nécessaire à ces opérations délicates.

D'ailleurs, si la comparaison des intensités à des stations très-éloignées les unes des autres, reste suspecte au point de vue de la rigueur, on peut néanmoins admettre l'exactitude de cette comparaison lorsque ces termes, pour des stations peu distantes, se rapportent à une même époque ou à des époques très-rapprochées.

110. Les variations de la déclinaison et de l'inclinaison de l'aiguille aimantée ne permettent pas le doute sur les variations tant périodiques que séculaires de l'intensité : il s'agit donc d'apprécier des quantités très-petites, telles que les différences diurnes. Alors la méthode que nous venons d'indiquer n'est guère suffisante; dans une recherche si importante, et en même temps si laborieuse, il convient d'éliminer le plus grand nombre possible de causes d'erreurs, et surtout celles dont l'évaluation est impossible. Parmi ces dernières il faut ranger la variation de l'état magnétique des aimants; car la durée d'une oscillation de l'aimant, et généralement tous les effets compliqués du magnétisme terrestre ne dépendent pas seulement de l'intensité de cette dernière force, ils dépendent aussi de la constitution même de l'appareil employé pour les manifester, et jamais on ne peut mesurer l'énergie d'un aimant indépendamment de l'action terrestre : l'expérience des oscillations fournit toujours un produit composé de l'intensité de l'action terrestre et du moment statique du magnétisme libre de l'aimant. Il y a donc là deux inconnues à séparer, et il faut chercher, comme nous l'avons montré déjà (58, 59), une combinaison qui permette d'en éliminer une. On y parvient par l'emploi simultané de deux aimants réagissant l'un sur l'autre.

111. Le rapport de l'action terrestre au moment statique d'une aiguille A peut être découvert au moyen d'une seconde aiguille B, que l'on soumet à la fois à l'influence de A et à l'influence de la terre.

Ces deux influences dépendront toutes deux, par réaction, de la constitution magnétique de l'aiguille B; mais l'action mutuelle de A et B dépend en outre de la constitution magnétique de A, de la distance des centres de A et B, de la position de la droite qui joint ces centres relativement aux axes magnétiques de A et B, et enfin de la loi élémentaire des attractions magnétiques (n° 46). Or il résulte de la loi de Coulomb et de Hansteen que l'action totale d'un corps aimanté à de grandes distances s'approche de la raison inverse du cube de la distance; à mesure que la distance croît, l'action de l'aimant, multipliée par le cube de la distance, converge vers une valeur constante comparable avec l'intensité magnétique terrestre (n° 59).

112. Le rapport de ces deux forces ne contiendra alors que le moment statique du magnétisme de l'aiguille A, et l'on aura ainsi une expression qui contient ce moment indépendamment de celui de B; on parviendra donc facilement à l'élimination de cette inconnue et à mettre en évidence l'intensité du magnétisme terrestre.

C'est au grand géomètre Poisson qu'il faut faire remonter l'invention ingénieuse de l'emploi de deux aimants (*); elle n'a pas été mise à exécution dès l'abord à cause de certaines difficultés que nous ferons voir. Elle fut reprise depuis, sous une autre forme, par l'éminent géomètre et physicien Gauss (**), et perfectionnée encore par un des expérimentateurs les plus habiles de notre temps, M. Lamont, le savant directeur de l'Observatoire de Munich (***).

Nous allons essayer d'exposer les procédés de ces maîtres.

(*) *Connaissance des temps* (1828).

(**) *Commentationes Gottingensis* (1833).

(***) *Mémoires de l'Académie de Munich* (1845).

§ 2. *Méthode de* Poisson.

113. Supposons que deux aiguilles AB et *ab* (fig. 26) de forme régulière et dans un état magnétique symétrique, soient toutes deux placées dans la direction suivant laquelle agit le magnétisme terrestre, et toutes deux libres de se mouvoir autour de leurs centres de gravité respectifs; mettons-les exactement l'une dans le prolongement de l'autre. Supposons aussi que la variation terrestre n'apporte point de changement dans la distribution actuelle de leur magnétisme, au moins pendant la durée de l'observation.

Soit M le moment magnétique de AB; K son moment d'inertie; M′ celui de *ab*; K′ son moment d'inertie; I l'intensité totale du globe au lieu où l'on opère.

La loi des oscillations de chacune de ces aiguilles en l'absence de l'autre sera :

$$\text{Pour AB} \ldots\ldots \text{MI} = \frac{\pi^2 \text{K}}{\text{T}^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$\text{Pour } ab \ldots\ldots \text{M'I} = \frac{\pi^2 \text{K}'}{\text{T}'^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Considérons deux points m et m' appartenant respectivement aux deux aiguilles, et soient μdm et $\mu' dm'$ les intensités de ces deux points; de plus posons

$$Cc = \text{R}, \quad Cm = x, \quad cm' = x';$$

la force répulsive de m,m' sera :

$$\frac{\mu dm \,.\, \mu' dm'}{(ab)^2} = \frac{\mu dm \,.\, \mu' dm'}{(\text{R} + x - x')^2}.$$

Dans la position figurée des deux aiguilles cette force ne peut produire aucun mouvement; mais si l'on écarte un peu AB de sa position sous un angle très-petit α, la force pourra être considérée comme agissant encore parallèlement à *ab*, et elle ramènera l'aiguille vers sa position d'équilibre en vertu du moment

$$\frac{\mu dm \,.\, \mu' dm'}{(\text{R} + x - x')} x \sin \alpha.$$

Le moment total de rotation de *ab* sur AB sera :

$$\sin\alpha.\,Q = \sin\alpha \iint \frac{\mu dm\,.\,\mu' dm'}{(R + x - x')^2}\,x,$$

cette intégrale double étant prise dans toute l'étendue des deux aiguilles.

La loi d'oscillation de AB sous l'influence de la terre et de *ab* sera donc :

$$MI + Q = \frac{\pi^2 K}{\theta^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Si maintenant on fait osciller *ab* sous l'influence combinée du globe et de AB, le moment total de rotation dû à cette dernière sera :

$$\sin\alpha.\,Q' = \sin\alpha \iint \frac{\mu dm\,.\,\mu' dm'}{(R + x' - x)}\,x'$$

et la durée de chaque oscillation dépendra de la relation :

$$M'I + Q' = \frac{\pi^2 K'}{\theta'^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Les formules (1) et (3) donneront

$$Q = \pi^2 K \left(\frac{1}{\theta^2} - \frac{1}{T^2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

les formules (2) et (4) :

$$Q' = \pi^2 K' \left(\frac{1}{\theta'^2} - \frac{1}{T'^2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

114. Les deux intégrales doubles représentées par Q et Q′ peuvent se développer suivant les puissances négatives de R, savoir la 1re :

$$\begin{aligned}
&\mu dm\,.\,\mu' dm' \left\{ x\,(R + x - x')^{-2} \right\} = \\
&\mu dm\ \ \mu' dm' \left\{ R^{-2}x - 2R^{-3}(x^2 - xx') + 3R^{-4}(x^3 - 2x^2x' + xx'^2) \right. \\
&\qquad\qquad - 4R^{-5}(x^4 - 3x^3x' + 3x^2x'^2 - xx'^3) \\
&\qquad\qquad - 5R^{-6}(x^5 - 4x^4x' + 6x^3x'^2 - 4x^2x'^3 + xx'^4) \\
&\qquad\qquad - 6R^{-7}(x^6 - 5x^5x' + 10x^4x'^2 - 10x^3x'^3 + 5x^2x'^4 - xx'^5)....
\end{aligned}$$

Remarquons : 1° que $\int \mu dm = 0$ et $\int \mu' dm' = 0$, ce qui fait disparaître le premier terme du développement puisque alors $\iint x\mu dm.\mu' dm' = 0$;

2° Le second terme $\iint 2R^{-3}x^2\mu dm\mu' dm'$, ainsi que tout terme affecté d'une puissance paire de x ou de x' (n° 74);

3° Que le terme $\iint 2R^{-5}xx'\mu dm\mu' dm' = 2R^{-5}MM'$.

Cela posé, nous aurons :

$$Q = 2R^{-3}MM' + 4R^{-5}\left(\iint 5x^3x'\mu dm\,.\,\mu' dm' + \iint xx'^3\mu dm\mu' dm'\right)$$
$$+ 6R^{-7}\left(\iint 5x^5x'\mu dm\,.\,\mu' dm' + \iint 10x^3x'\mu dm\mu' dm' + \iint xx'^5\mu dm\mu' dm'\right) + \text{etc.}$$

Posons d'une manière générale

$$\int x^\alpha \mu dm = M\alpha \quad \text{et} \quad \int x'^\alpha \mu' dm' = M'\alpha,$$

nous aurons

$$Q = 2R^{-3}MM' + 4R^{-5}(5M_3M' + M_3'M) + 6R^{-7}(5M_5M' + 10M_3M' + M_5'M) + \ldots$$

La seconde intégrale Q′ s'obtiendra, comme il est aisé de le voir, en changeant dans Q, x en x' et x' en x; on aura donc :

$$Q' = 2R^{-3}MM' + 4R^{-5}(5M_3'M + M_3M') + 6R^{-7}(5M_5M + 10M_3'M + M_5'M) + \ldots$$

115. Les séries Q et Q′ sont d'autant plus convergentes que la distance R est plus grande. Posons pour abréger

$$\Delta = 5M_3M' + M_3'M\,; \quad \Gamma = 5M_5M' + 10M_3M' + M_5'M.$$
$$\Delta' = 5M_3'M + M_3M'; \quad \Gamma' = 5M_5'M + 10M_3'M + M_5M'.$$

Les équations (5) et (6) donneront

$$\left.\begin{aligned} 2MM'R^{-5} + 4\Delta R^{-5} + 6\Gamma R^{-7} + \ldots = \pi^2 K\left(\frac{1}{\theta^2} - \frac{1}{T^2}\right) \\ 2MM'R^{-5} + 4\Delta' R^{-5} + 6\Gamma' R^{-7} + \ldots = \pi^2 K\left(\frac{1}{\theta'^2} - \frac{1}{T'^2}\right) \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (7)$$

Ces deux équations (7) déterminent M et M′, et ces deux valeurs introduites dans (1) et (2) donnent la valeur de I.

116. Deux moyens se présentent pour éliminer M et M′.

Le premier consiste à placer les deux aiguilles de telle sorte que la distance R soit assez grande pour que l'on puisse négliger dans l'équation (7) les termes divisés par R^{-5}. Dans ce cas nous aurons :

$$2MM'R^{-3} = \pi^2 K\left(\frac{1}{\theta^2} - \frac{1}{T^2}\right) = \pi^2 K'\left(\frac{1}{\theta'^2} - \frac{1}{T'^2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

et l'on a une équation de condition :

$$\frac{K(T^2 - \theta^2)}{T^2\theta^2} = \frac{K'(T'^2 - \theta'^2)}{T'^2\theta'^2}$$

à laquelle doivent satisfaire les résultats de l'observation, et qui servira de contrôle aux opérations, notamment à la valeur de R que l'on aura adoptée.

117. Élevons MM′ au carré, l'équation (8) donne

$$(MM')^2 = \frac{1}{2}\pi^2 K\left(\frac{1}{\theta^2} - \frac{1}{T^2}\right) \times \frac{1}{2}\pi^2 K'\left(\frac{1}{\theta'^2} - \frac{1}{T'^2}\right) R^6.$$

d'où

$$MM' = \frac{1}{2} R^3 \sqrt{KK'}\, \frac{\sqrt{T^2 - \theta^2}\,.\,\sqrt{T'^2 - \theta'^2}}{\theta.\theta'.T.T'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Multipliant les équations (1) et (2) entre elles, il vient

$$MM'I^2 = \frac{\pi^4 KK'}{T^2 T'^2},$$

et par l'équation (9) on aura la formule qui donne l'intensité totale, savoir :

$$I^2 = \frac{2\pi^2 \theta\theta' \sqrt{KK'}}{R^3\,.\,TT'\sqrt{T^2 - \theta^2}\,.\,\sqrt{T'^2 - \theta'^2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

118. Cette formule très-symétrique, et d'une grande simplicité, n'est pas généralement susceptible d'une grande précision; en effet, si l'on éloigne les deux aiguilles l'une de l'autre, leur action mutuelle s'affaiblit, de sorte que les différences $T^2 - \theta^2$ et $T'^2 - \theta'^2$ diminuent; alors les erreurs d'observations peuvent acquérir une influence trop considérable sur les résultats. Pour cette raison, Poisson préfère éliminer par les données expérimentales

les valeurs de M et M′ de l'équation (7); il faudrait dans ces cas conserver les termes affectés de Δ, Γ, Δ' et Γ' et former plusieurs équations à l'aide de valeurs connues de R, T, θ, T′ et θ'. On donnerait donc à R différentes valeurs, mais ces valeurs seraient toujours assez grandes pour que les erreurs d'observations ne puissent être qu'une très-minime partie des résultats; on formerait quatre équations pour déterminer les coefficients Δ, Γ, Δ', Γ', et la valeur de MM′ serait ensuite mise en évidence.

119. Il resterait encore, pour résoudre entièrement le problème, à introduire dans les formules les valeurs K et K′ : la détermination de ces valeurs, indiquée par Poisson, est entièrement géométrique; nous ne nous y arrêterons pas, puisque nous avons traité cet objet (nos 97 à 107) tout spécialement. Enfin la réduction des durées observées aux durées à amplitudes infiniment petites serait aussi à examiner.

Mais ces détails ne caractérisent nullement le procédé du célèbre géomètre. Quant au jugement dont il a été l'objet, M. Becquerel le mentionne comme un point historique, sans exécution (*); et Gauss le rejette en disant que les expériences tentées par quelques physiciens, notamment Riess et Moser, n'ont eu aucun succès ou bien n'ont fourni que de grossières approximations (**). La difficulté principale consisterait dans la nécessité d'observer les oscillations à des distances peu considérables, et d'en déduire une limite qui ne se rapporte en réalité qu'à une distance très-grande. Les éliminations exigeant autant d'observations que de quantités à éliminer, sont sujettes à être influencées par toutes les erreurs qui accompagnent les expériences; or ces éliminations sont d'autant plus nombreuses que la distance de ces aiguilles est moindre, comparativement à leur longueur.

120. En présence de ces objections, fondées sans contredit, si l'on ne s'attache qu'à la lettre même des indications de Poisson, il est permis de se demander si les physiciens qui ont soumis à l'épreuve de l'expérience la méthode du géomètre français se sont exactement rendu compte de la nature des erreurs qui affectaient si sensiblement les résultats; on peut se demander si ces erreurs n'auraient pas dû être attribuées à la forme de l'instrument.

(*) Becquerel, *Traité d'électricité et de magnétisme*, t. VII.

(**) *Commentationes Gottingensis*, t. VIII, p. 6.

Si, au lieu d'aiguilles suspendues dans le sens de la force terrestre, c'est-à-dire au lieu d'aiguilles d'inclinaison, on avait appliqué à la méthode la suspension horizontale, ces physiciens, et peut-être Gauss lui-même, auraient eu moins de défiance. C'est précisément ce qu'a fait M. Lamont; ce savant a fondé sur le procédé de Poisson un appareil de voyage commode et relativement simple, comme nous le verrons plus loin.

Quoi qu'il en soit, la gloire revient à Poisson d'avoir eu l'idée de faire intervenir l'action réciproque de deux aimants pour mesurer l'intensité absolue du magnétisme terrestre. Cette inspiration fut féconde, cultivée par des observateurs expérimentés, tels que les Gauss, les Weber, les Lamont, etc.

§ 3. *Application de la méthode précédente par* M. Lamont *pour les instruments de voyage.*

121. M. Lamont a fait connaître en 1847 (*) un dispositif de voyage qui repose entièrement sur le principe de la méthode de Poisson; le seul changement consiste à mettre les aimants dans une situation plus commode, et plus facile à observer. Ceux-ci sont placés horizontalement, de sorte que les relations (1) et (2) du n° 113 deviennent les suivantes :

$$MX = \frac{\pi^2 K}{T^2} \quad \text{(A) pour l'aimant AB oscillant seul;}$$

$$M'X = \frac{\pi^2 K'}{T'^2} \quad \text{(B) pour l'aimant } ab \text{ oscillant seul.}$$

Posons :

$$Q = 2MM'R^{-5} + 4\Delta R^{-5} + 6\Gamma R^{-7} = MM'(2R^{-5} + \text{etc.}) = H.MM'$$

$$Q' = 2MM'R^{-5} + 4\Delta' R^{-5} + 6\Gamma' R^{-7} = MM'(2R^{-5} + \text{etc.}) = H'.MM'.$$

Les équations (3) et (4) du n° 113 deviennent.....

$$MX + HMM' = \frac{\pi^2 K}{\theta^2} \quad \text{(C) pour l'aimant AB oscillant devant } ab;$$

$$M'X + H'MM' = \frac{\pi^2 K'}{\theta'^2} \quad \text{(D) pour l'aimant } ab \text{ oscillant devant AB.}$$

(*) *Mémoires de l'Académie de Munich*, t. V.

Nous supposons les oscillations réduites aux arcs infiniment petits, et les opérations faites à la température normale exempte de la nécessité des corrections. Cette hypothèse n'est que provisoire.

Les trois premières équations (A) (B) (C) donnent :

$$X = \frac{\pi\sqrt{K'H}}{T'\sqrt{\frac{T^2}{\theta^2}-1}} \quad \text{et} \quad M' = \frac{\pi}{T'}\sqrt{\frac{T^2}{\theta^2}-1}\,.\sqrt{\frac{K'}{H}}\,.$$

Les équations (B) et (D) donneront :

$$X = \frac{\pi\sqrt{KH'}}{T\sqrt{\frac{T'^2}{\theta^2}-1}} \quad \text{et} \quad M = \frac{\pi}{T}\sqrt{\frac{T'^2}{\theta'^2}-1}\,.\sqrt{\frac{K}{H'}}\,.$$

On ne saurait méconnaître, dans l'ensemble des valeurs de X, la formule (10) du numéro 117. Il reste à déterminer les constantes H et H′, et ensuite à introduire les corrections que nous avons provisoirement écartées.

122. Occupons-nous d'abord des constantes, et pour cela étudions les oscillations d'un aimant AB, sous l'influence d'un autre aimant *ab* fixé d'une manière quelconque, mais toujours dans un plan horizontal (fig. 27).

Soit NS le méridien magnétique ; AB l'aimant oscillant autour du milieu C ; *ab* l'aimant fixe, ayant son milieu en C′ ; enfin N′S′ la direction suivant laquelle AB arrive au repos. Posons

$$\begin{aligned}
\varphi &= \text{angle N}'da\\
\psi &= \text{angle N}'\text{CN}\\
\xi &= \text{angle N}'\text{CC}'\\
u &= \text{angle N}'\text{CA}.
\end{aligned}$$

$mm' = \rho$, $CC' = R$, $mC = r$, $m'C' = r'$; μdm et $\mu' dm'$ les éléments magnétiques aux points m et m'.

L'attraction des points mm' aura pour intensité :

$$\frac{-\mu dm\,.\,\mu' dm'}{\rho^2}\,.$$

Son moment de rotation autour du point C sera :

$$\frac{\mu dm \,.\, \mu' dm'}{\rho^2} \cdot \frac{m' \mathrm{D} \,.\, r}{\rho}.$$

Or nous avons :

$$\rho^2 = m\mathrm{D}^2 + m'\mathrm{D}^2 = (\mathrm{CD} - r)^2 + m'\mathrm{D}^2 =$$
$$\{\mathrm{R}\cos(u-\xi) + r'\sin(u-\varphi) - r\}^2 + \{\mathrm{R}\sin(u-\xi) + r'\sin(u-\varphi)\}^2.$$

Le moment ci-dessus sera donc :

$$\frac{-\mu dm \,.\, \mu' dm' \left(\mathrm{R} \,.\, r\sin(u-\xi) + rr'\sin(u-\varphi)\right)}{\{\mathrm{R}^2 + 2\mathrm{R}r'\cos(\xi-\varphi) - 2\mathrm{R}r\cos(u-\xi) - 2rr'\cos(u-\varphi) + r^2 + r'^2\}^{\frac{3}{2}}}.$$

Le moment de rotation dû à la terre est :

$$\mathrm{MX}\sin(u-\psi).$$

La somme de ces deux moments est égale à l'accélération $-\mathrm{K}\frac{d^2u}{dt^2}$; la première intégration donnera pour toute la longueur des deux aimants :

$$\frac{1}{2}\mathrm{K}\left(\frac{du}{dt}\right)^2 = \text{const} + \mathrm{MX}\cos(u-\psi)$$
$$-\iint \frac{\mu dm \,.\, \mu' dm'}{\mathrm{R}\sqrt{\left\{1 + \frac{2r'}{\mathrm{R}}\cos(\xi-\varphi) - \frac{2r}{\mathrm{R}}\cos(u-\xi) - \frac{2rr'}{\mathrm{R}^2}\cos(u-\varphi) + \frac{r^2+r'^2}{\mathrm{R}^2}\right\}}}$$
$$= \text{const} + \mathrm{MX}\cos u\cos\psi + \mathrm{MX}\sin u\sin\psi$$
$$-\iint \frac{\mu dm \,.\, \mu' dm'}{\left\{1 + \frac{2r'}{\mathrm{R}}\cos(\xi-\varphi) - 2\cos u\left(\frac{r}{\mathrm{R}}\cos\xi + \frac{rr'}{\mathrm{R}^2}\cos\varphi\right) - 2\sin u\left(\frac{r}{\mathrm{R}}\sin\xi + \frac{rr'}{\mathrm{R}^2}\sin\varphi\right) + \frac{r^2+r'^2}{\mathrm{R}^2}\right\}}$$

En développant le second membre de cette expression suivant les puissances de sin u et cos u, et en observant que tous les termes affectés des puissances paires de r et r' s'évanouissent (n° 74) par l'intégration, nous aurons une équation de la forme :

$$\frac{1}{2}\mathrm{K}\left(\frac{du}{dt}\right)^2 \text{ const} + \mathrm{A}\cos u + \mathrm{B}\cos^3 u + \mathrm{C}\cos^5 u + \ldots + \mathrm{A}'\sin u + \mathrm{B}'\sin^3 u + \mathrm{C}'\sin^5 u + \ldots$$

Les termes en B′ et C′ contiennent des produits de sin φ et sin ξ du même

degré que sin u, et peuvent être négligés si ces angles sont compris dans les limites convenables pour la spécialité de la question. En tous cas, si l'aimant s'arrête suivant N'S', c'est-à-dire pour $u=0$, alors $\frac{du}{dt}=0$, et $A'=0$.

Voici maintenant les valeurs des coefficients A B C...

$$A = MX\cos\psi - \frac{R}{4}\iint \frac{\mu dm.\mu' dm'\left(\frac{r}{R}\cos\xi + \frac{rr'}{R^2}\cos\gamma\right)}{\left\{1 + \frac{2r'}{R}\cos(\xi-\gamma) + \frac{r^2+r'^2}{R^2}\right\}^{\frac{5}{2}}},$$

$$B = -\frac{5}{2}\frac{1}{R}\iint \frac{\mu dm.\mu' dm'\left(\frac{r}{R}\cos\xi + \frac{rr'}{R^2}\cos\gamma\right)^3}{\left\{1 + \frac{2r}{R}\cos(\xi-\gamma) + \frac{r^2+r'^2}{R^2}\right\}^{\frac{7}{2}}},$$

$$C = -\frac{63}{8}\frac{1}{R}\iint \frac{\mu dm.\mu' dm'\left(\frac{r}{R}\cos\xi + \frac{rr'}{R^2}\cos\gamma\right)^5}{\left\{1 + \frac{2r}{R}\cos(\xi-\gamma) + \frac{r^2+r'^2}{R^2}\right\}^{\frac{11}{2}}}.$$

. . . . . .

Si α est l'arc d'oscillation, c'est-à-dire la demi-amplitude,

$$\frac{1}{2}K\left(\frac{du}{dt}\right)^2 = A(\cos u - \cos\alpha) + B(\cos^3 u - \cos^3\alpha) + C(\cos^5 u - \cos^5\alpha) + \ldots.$$

Comme $\alpha > u$, posons $\quad u^2 = \alpha^2\sin^2 x, \quad$ et $\quad h^2 = \frac{\alpha^2}{1.2}$,

alors : $\qquad \cos\alpha = 1 - h^2 \quad$ et $\quad \cos u = 1 - h^2\sin^2 x,$

et

$$\frac{dt}{\sqrt{K}} = \frac{dx\left(1 - \frac{1}{2}\alpha^2\sin^2 x\right)^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{\left\{A + 3B + 5C - \alpha^2(3B + 10C)(1 + \sin^2 x) + \alpha^4(B + 10C)(1 + \sin^2 x + \sin^4 x)\right\}}}.$$

Si l'on suppose α très-petit, on aura :

$$dt\sqrt{A + 3B + 5C} = dx\sqrt{K},$$

entre les limites $x=\frac{\pi}{2}$ et $x=0$, on aura :

$$A + 3B + 5C + \frac{\pi^2 K}{\theta^2},$$

d'où $\qquad MX + HMM' = A + 3B + 5C = S.$

Si l'on intègre l'équation précédente entre les limites $u = +h$ et $u = -h$, ou $x = \frac{3}{2}\pi$ et $x = \frac{1}{2}\pi$; et si, pour abréger encore, nous posons $Sm = 3B + 10C$, la durée des oscillation sera :

$$\theta = \frac{\pi\sqrt{K}}{\sqrt{S}}\left\{1 + \frac{1}{8}\alpha^2(1+6m) + \frac{\alpha^4}{64}\left(57m^2 - 15m - 400\frac{C}{S} + \frac{9}{4}\right) + \ldots\right\}$$

ou en abrégeant après avoir réduit en nombres les termes entre les parenthèses du second membre :

$$\theta = \frac{\pi\sqrt{K}}{\sqrt{S}}\left(1 + \frac{1}{8}\alpha^2\alpha^2 + b\alpha^4 + \ldots\right)$$

123. Supposons que R soit deux fois la longueur de AB, auquel cas :

$$MX = \frac{2MM'}{R^3};$$

posons $\xi = \psi = \varphi = 0$, nous aurons :

$$A = \frac{2MM'}{R^3}\left\{2 + \frac{4}{R^2}\left(\frac{2M'_3}{M'} - \frac{3M_3}{M}\right) + \frac{1}{R^4}\left(\frac{5M'_5}{M'} - \frac{15M_3M'_3}{MM'} + \frac{45}{8}\frac{M_5}{M}\right)\right\}$$

$$B = \frac{2MM'}{R^3}\left\{\frac{1}{R^2}\frac{5M_3}{M} - \frac{1}{R^4}\left(\frac{15}{2}\frac{M_3}{M} - \frac{25M_3M'_3}{MM'}\right)\right\}$$

$$C = \frac{2MM'}{R^3}\left\{\frac{1}{R^4}\cdot\frac{315}{16}\cdot\frac{M^5}{M}\right\}.$$

Soit $\alpha = 20^\circ$, nous aurons :

$$b\alpha^4 = 0{,}00519m^2 - 0{,}000758m - 0{,}02272\frac{C}{S} + 0{,}000127.$$

Si les aimants étaient simples, on aurait approximativement :

$$m = \frac{1}{2}, \quad \frac{C}{S} = 0{,}02, \quad \text{et} \quad b\alpha^4 = +0{,}0002.$$

Si le magnétisme augmentait régulièrement du milieu aux extrémités, on aurait :

$$m = 0{,}28, \quad \frac{C}{S} = 0{,}01 \quad \text{et} \quad b\alpha^4 = -0{,}0001.$$

Telles sont les deux limites bien voisines entre lesquelles se trouve nécessairement compris le calcul des moments; l'on voit que l'influence du terme $b\alpha^4$ est en tous cas insensible, et se trouve comprise dans le facteur constant H.

124. La durée θ de l'oscillation sera donc :

$$\theta = \frac{\pi\sqrt{K}}{\sqrt{S}}\left(1 + \frac{1}{4}a^2\sin^2\frac{1}{2}\alpha^2\right).$$

Or nous avons vu (n° 83) que le décroissement d'amplitude suit une progression géométrique. Soit α le premier arc observé, τ la durée de chacune des premières oscillations; et q la raison de la progression :

$$\tau = \frac{\pi\sqrt{K}}{\sqrt{S}}\left\{n + \frac{a^2\alpha^2}{16}\frac{1-q^{2n}}{1-q^2}\right\}.$$

Si de même τ' est la durée de chacune des $(n+1)$ premières oscillations, exprimée en fonction de la durée observée de la $v^{\text{ième}}$,

$$\tau_1 = \frac{\pi\sqrt{K}}{\sqrt{S}}\left\{n + \frac{a^2\alpha^2}{16}\cdot 9^{2v}\frac{1-q^{vn}}{1-q^2}\right\}.$$

Si enfin on ajoute les durées observées $\tau_0\,\tau_1\,\tau_2 \ldots \tau_{l-1}$, on aura :

$$\frac{\Sigma\tau}{ln} = \frac{\pi\sqrt{K}}{\sqrt{S}}\left\{1 + \frac{a^2\alpha^2}{16}\cdot\frac{1}{ln}\frac{1-q^{2n}}{1-q^2}\cdot\frac{1-q^{2lv}}{1-q^{2v}}\right\}.$$

Posons pour abréger $\qquad \gamma^2 = \frac{a^2}{ln}\cdot\frac{1-q^{2n}}{1-q^2}\cdot\frac{1-q^{2lr}}{1-q^{2r}},$

et remplaçons S par sa valeur, nous aurons :

$$MX + MM'\frac{2}{R^3}\left\{1 + \frac{2}{R^2}\left(\frac{M_3}{M} + \frac{M'_3}{M'}\right) + \ldots\right\} = \frac{\pi^2 K}{\left\{\frac{\Sigma\tau}{\left(1 + \frac{a^2\gamma^2}{16}\right)}\right\}^2}.$$

125. Cette équation doit concorder avec (C) et (D) du numéro 121 ; elles concordent avec (A) et (B) si $M' = 0$.

Les durées T, T', θ, θ' réduites sont donc données par

$$\frac{\Sigma\tau}{1 + \frac{\alpha^2\eta^2}{16}},$$

dans cette expression, η est compris entre le plus grand et le plus petit arc d'oscillation, c'est donc un arc intermédiaire. S'il correspond à la $m^{ième}$ oscillation, on aura $\eta = \alpha q^m$, et pour calculer m, on aura :

$$q^{2m} = \frac{1}{ln} \cdot \frac{1 - q^{2lv}}{1 - q^{2v}} \cdot \frac{1 - q^{2n}}{1 - q^2}.$$

Cette valeur peut se calculer d'avance, et si l'on observe immédiatement l'arc intermédiaire η, on pourra aussi calculer la réduction à l'aide d'une table formée d'avance.

126. Lorsque l'aimant mobile obéit à l'action terrestre seule, $a = 1$; lorsqu'il obéit à la fois à l'action terrestre et au second aimant, $a > 1$. Pour déterminer a dans ce dernier cas, il faut recourir aux données expérimentales.

Appelons τ' et τ les durées respectives des oscillations pour un arc η' et pour un arc η, on aura :

$$\frac{\tau'}{1 + \frac{1}{16}a^2\eta'} = \frac{\tau}{1 + \frac{1}{16}a^2\eta}, \quad \text{d'où} \quad a^2 = 16\frac{\tau' - \tau}{\tau'\eta'^2 - \tau\eta'^2}.$$

127. Ce qui précède permet de connaître par l'observation directe la vraie durée d'oscillation d'un aimant et de calculer les valeurs de T T' θ et θ' des formules (A) (B) (C) (D) du numéro 121.

Ces formules dépendent encore de la distance des aimants et de leur moment d'inertie. Les constantes relatives à ces quantités peuvent être déterminées dans un observatoire, où l'intensité est connue par les autres

méthodes, afin de ne pas compliquer l'appareil destiné aux voyages. Nous le décrirons plus loin.

128. Il reste à apprécier l'influence et les limites des angles ψ, φ et ξ. On peut donner à l'instrument une position telle que $\psi = 0$, et en fixant pour toujours la position de l'aimant ab, les angles φ et ξ ont des valeurs constantes. Si l'on néglige les termes les plus élevés, l'influence mutuelle a une expression de la forme :

$$p\mathrm{MM}' + \mathrm{MM}' \{ 3 \cos(\xi - \varphi) \cos\xi - \cos\varphi \}.$$

Posons $\Pi = p + 3 \cos(\xi - \varphi) \cos\xi - \cos\varphi$, alors nos formules n'ont à subir aucune modification; les angles ξ et φ n'influent que sur les constantes, pourvu qu'on les maintienne dans des limites qu'il est assez facile d'assigner.

129. M. Lamont, après de nombreux essais, est parvenu par le procédé de Poisson, convenablement approfondi, à un tout autre résultat que des approximations grossières, puisqu'il mesure l'intensité horizontale à une unité près du cinquième ordre.

Après un travail aussi consciencieux et un résultat si heureux, M. Lamont a bien le droit de se considérer comme le nouvel inventeur de cette méthode, abandonnée depuis vingt ans (*).

Les circonstances que l'auteur considère comme défavorables, et qui se présentent le plus souvent, sont : les brusques changements de température, et ceux de l'intensité elle-même; les agitations de l'air capables de faire balancer l'aimant, et de rendre irréguliers les décréments de l'amplitude.

(*) Moser et Riess ont poursuivi sans succès l'étude de la méthode indiquée par Poisson; Moser l'ayant encore reprise seul, développa en série très-convergente les expressions à calculer numériquement. Malgré cela, il trouva préférable de se servir de la déviation d'une aiguille mobile par un aimant fixe, mais ne toucha que très-fugitivement à cette nouvelle méthode, déjà exposée analytiquement par Hansteen, et même employée par Christie. — Gauss, le premier, a poursuivi jusqu'au bout l'étude de la déviation, et en a adapté les résultats à des procédés d'observation simples. Son beau travail n'a pas pour unique résultat pratique de faciliter les recherches et d'étendre nos connaissances relatives au magnétisme terrestre; il dirige l'attention du physicien sur les actions mutuelles des aimants dans leurs rapports avec leur constitution magnétique, et les méthodes d'aimantation. Nous sommes convaincu que la théorie même du magnétisme, et notamment de l'induction, sera quelque jour enrichie par les études si claires et si complètes que Gauss nous a léguées. — (Sources : *Annales de* Poggendorf, t. XVIII, XIX, XXV, XXXIV. — Hansteen's *Magnetismus der Erde.* — *Philos. Transact.*, 1823).

La lecture favorable des passages oscillatoires exige un arc qui ne soit pas trop petit; d'un autre côté, la réduction est incertaine si l'arc est trop grand.

Une erreur, facile à commettre de $\frac{1}{4}$ degré sur un arc de 25°, pour $a = 1$, correspond à une faute de $\frac{1}{4000}$ sur la durée. Pour $a = 2{,}85$, l'erreur de $\frac{1}{4}$ sur 20° correspond à $\frac{1}{700}$ de la durée, et pour un arc de 10°, à $\frac{1}{2500}$ de la durée. Bien que l'on ne puisse pas fixer la loi de cette espèce d'écart, à cause des différences dans le décrément, l'importance de ce point devait être indiquée.

§ 4. *Méthode de* Gauss.

130. Gauss est le premier qui, après Poisson, s'est préoccupé de l'emploi de deux aimants pour mesurer l'intensité absolue du magnétisme terrestre. Il a, le premier, converti l'idée en procédé pratique, en substituant l'observation d'un état statique des deux aimants à celle de l'état vibratoire. Il a fondé la méthode que nous avons exposée, par la considération des aimants simples, au moyen du problème particulier (n° 59). Seulement, au lieu de placer l'aimant déviateur perpendiculairement à l'aimant mobile, Gauss le place perpendiculairement au méridien magnétique, et la valeur de $\frac{X}{M}$ que l'on obtient ainsi diffère un peu de celle que nous avons eue : néanmoins elle confirme ce que nous avons dit (n° 111), qu'à de grandes distances, l'action totale d'un aimant multipliée par le cube de la distance converge vers une valeur constante comparable avec le magnétisme terrestre. Nous ne nous arrêterons pas à la solution particulière relative aux aimants simples, et nous aborderons l'étude du problème général qui sert de base aux procédés de Göttingue (*).

131. Si l'on suspend un aimant dans une position telle qu'il soit libre de se mouvoir dans toutes les directions, mais de préférence dans un plan horizontal, l'action terrestre dirige cet aimant dans une position déterminée et l'y maintient. Si, dans le voisinage de cet aimant, on en place un second,

(*) *Commentationes Gottingensis*, t. VIII.

celui-ci modifiera la position du premier, et cette modification sera fixée par le concours des actions du globe et de l'aimant.

L'aiguille mobile étant horizontale, suspendue à un fil inextensible, est soumise à un système de trois forces : 1° la force directrice du globe; 2° la torsion du fil; 3° l'attraction et la répulsion de l'aimant fixe.

Prenons pour origine des coordonnées un point G (fig. 28) situé sur l'axe de rotation, et soit (x, y, z) un point appartenant à l'aiguille, et dont le magnétisme libre est μdm.

La composante horizontale de la force terrestre $X = I \cos i$.

Plaçons l'axe des x horizontalement et dans le méridien magnétique; le plan xy sera horizontal.

Le travail élémentaire de la force directrice du globe sera au point désigné (x, y, z) : ... $X\mu dm . dx$.

Soit (ξ, η, ζ) un point appartenant au second aimant, et dont le magnétisme libre est $\mu' dm'$.

La distance r au point (xyz) sera :

$$r = \sqrt{(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + (\zeta - z)^2}.$$

Si l'action mutuelle des éléments magnétiques suit la progression inverse de la n[ième] puissance de la distance, le travail de cette action sera :

$$\ldots\ldots \frac{\mu dm . \mu' dm' . dr}{r^n} .$$

Désignons par u la déviation de l'aiguille par rapport au méridien magnétique; par N l'angle qu'elle formerait si le fil était sans torsion; la force de torsion sera, q étant le coefficient de torsion : $q\,(N - u)$. Le travail élémentaire de la torsion sera :

$$q\,(N - u)\,du.$$

Enfin soit dT la somme des travaux élémentaires des trois forces que nous avons considérées, nous aurons :

$$dT = X\Sigma\int \mu dm . dx + \Sigma\int \frac{\mu dm . \mu' dm'}{r^n} dr . + \int q\,(N - u)\,du.$$

Cette somme est égale à 0 dans le cas de l'équilibre, $dT = 0$.

En intégrant nous aurons

$$T = X\int \mu dm x - \iint \frac{\mu dm \cdot \mu' dm'}{(n-1)\, r^{n-2}} - \frac{1}{2} q (N-u)^2.$$

132. La valeur de T doit être un maximum ou un minimum lorsque l'aimant mobile est en équilibre; maximum dans le cas de l'équilibre stable, minimum dans le cas de l'équilibre instable.

L'aimant mobile sera donc en équilibre lorsque la valeur de u satisfera à la condition $\frac{dT}{du} = 0$; l'expression de ce rapport dépend actuellement des variables x et r, il faut donc exprimer celles-ci en fonction de l'angle u.

133. A cet effet il faut connaître les équations des axes magnétiques de nos deux aimants, passant respectivement par deux points fixes de ceux-ci. Alors, au moyen des positions des points (xyz) et (ξ, η, ζ) par rapport aux axes ainsi déterminés, on éliminera x du premier terme, et r du second terme de la valeur de T.

Pour effectuer promptement cette élimination, Gauss emploie deux systèmes de coordonnées simultanés, ayant respectivement leurs origines dans les deux aimants, et dans lesquels un des axes se confond avec l'axe magnétique de l'aimant correspondant. Ainsi prenons dans la première aiguille supposée mobile, et à partir de son point fixe G (fig. 28), trois axes rectangulaires abc, dont le premier est dirigé suivant son axe magnétique, et le troisième parallèle aux z du premier système.

Soient (abc) les nouvelles coordonnées du point (xyz); soit u l'angle des axes (a, x); on sait que

$$x = a\cos u - b\sin u,$$
$$y = a\sin u + b\cos u,$$
$$z = c.$$

Par un point G′ de la seconde aiguille fixe, menons également trois axes rectangulaires (ABC), dont le premier est dirigé suivant l'axe magnétique, le second dans le même plan horizontal, et le troisième parallèle aux z. Soient ABC les nouvelles coordonnées du point $(\xi\eta\zeta)$, et U l'angle de l'axe des A avec l'axe des x.

Soit R la distance des points GG′ ; φ l'angle de R avec l'axe des x ;

Ces données permettront de relier les systèmes de points composant le premier et le second aimant, tels que (abc) et (ABC), et de résoudre le problème cherché dans chaque cas particulier.

Mais la nature du problème exige que les expériences soient répétées, variées, de manière à les placer dans les conditions les plus favorables à l'exactitude des résultats, ou bien à établir des contrôles ou des compensations ; et ces changements portent sur la distance R comme sur les angles de l'aimant fixe.

Il s'ensuit que pour donner aux formules toute la généralité possible, nous rapporterons l'origine des coordonnées ABC à un point g un peu à l'écart de G, dans le même plan que AB, et nous désignerons par α et β les coordonnées du point g : en désignant par δ la distance de g à l'origine, nous aurons $\alpha = \delta \cos\theta$ et $\beta = \delta \sin\theta$.

Nota. — Dans la figure 28, les points m et m' sont les projections horizontales des points (x, y, z) ou (abc) et $(\xi\eta\zeta)$ ou (ABC) ; leurs côtes sont z ou c et ζ ou C. Ces deux points projetés en m et m' font partie des aimants ; ceux-ci sont réels, et non pas simples.

Cela posé nous écrirons

$$\xi = \alpha + \mathrm{R}\cos\varphi + \mathrm{A}\cos\mathrm{U} - \mathrm{B}\sin\mathrm{U},$$
$$\eta = \beta + \mathrm{R}\sin\varphi + \mathrm{A}\sin\mathrm{U} + \mathrm{B}\cos\mathrm{U},$$
$$\zeta = \mathrm{C}.$$

134. On voit que le premier terme de la valeur de T sera

$$\mathrm{X}\int \mu dm \,.\, x = \mathrm{X}\cos u \int a\mu dm - \mathrm{X}\sin u \int b\mu dm.$$

Or $\int b\mu dm$ est le moment magnétique de l'aiguille par rapport à une droite perpendiculaire à l'axe magnétique, et ce moment est nul (n° 73).

Soit $\int a\mu dm = \mathrm{M}$, nous aurons $\mathrm{X}\int x dm = \mathrm{MX}\cos u$.

Et le premier terme du rapport $\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial u}$ sera

$$-\mathrm{MX}\sin u.$$

135. Le second terme de la valeur de T, savoir :

$$-\frac{1}{n-1}\iint\frac{\mu dm\,.\,\mu' dm'}{r^{n-1}}$$

doit être développé suivant les puissances négatives de R; cette distance R étant toujours assez considérable relativement aux autres grandeurs linéaires qui se rapportent aux deux aimants, il résultera de ce développement de nombreuses simplifications.

Le résultat de ce développement, donné par Gauss, se vérifie rapidement de la manière suivante :

Nous avons la formule

$$r^2=(\xi-x)^2+(\eta-y)^2+(\zeta-z)^2;$$

Si dans les formules de transformations (ξ) et (η), nous mettons $\delta\cos\theta$ et $\delta\sin\theta$ au lieu de α et β, nous remarquerons que $\xi-x$, et $\eta-y$ sont les projections respectives du contour polygonal formé par $m'AG'gGam$, (ou par les ordonnées BA, la droite R, la droite Gg et les ordonnées ab des points m et m'), sur les deux axes rectangulaires yx, puisque tous les termes de $\eta-y$ viennent de ceux de $\xi-x$ en augmentant chaque angle de $\frac{\pi}{2}$.

Or la somme des carrés d'un contour polygonal sur deux axes rectangulaires est constante. Projetons le contour sur la droite R et sur une droite R′ perpendiculaire à R. L'ordonnée B qui forme l'angle $\frac{\pi}{2}+\mathrm{U}$ avec l'axe des X fera l'angle $\frac{\pi}{2}+\mathrm{U}-\psi$ ou $\frac{\pi}{2}-(\psi-\mathrm{U})$ avec R; sa projection sera donc $\mathrm{B}\sin(\psi-\mathrm{U})$; la projection de B sur R′ perpendiculaire à R sera : $\mathrm{B}\cos(\psi-\mathrm{U})$.

On aura donc ainsi :

$$\begin{aligned}(\xi-x)^2+(\eta-y)^2=&\left\{\mathrm{R}+\delta\cos(\psi-\theta)+\mathrm{A}\cos(\psi-\mathrm{U})+\mathrm{B}\sin(\psi-\mathrm{U})-a\cos(\psi-u)-b\sin(\psi-u)\right\}^2\\&+\left\{0+\delta\sin(\psi-\theta)+\mathrm{A}\sin(\psi-\mathrm{U})-\mathrm{B}\cos(\psi-\mathrm{U})-a\sin(\psi-u)+b\cos(\psi-u)\right\}^2.\end{aligned}$$

Posons maintenant

$$\begin{aligned}\mathrm{K}=&\ \delta\cos(\psi-\theta)+\mathrm{A}\cos(\psi-\mathrm{U})+\mathrm{B}\sin(\psi-\mathrm{U})-a\cos(\psi-u)-b\sin(\psi-u),\\ l=&\left\{\delta\sin(\psi-\theta)+\mathrm{A}\sin(\psi-\mathrm{U})-\mathrm{B}\cos(\psi-\mathrm{U})-a\sin(\psi-u)+b\cos(\psi-u)\right\}^2+(\mathrm{C}-c)^2.\end{aligned}$$

Nous aurons ainsi la formule très-réduite

$$r^2 = (\mathrm{R} + k)^2 + l.$$

d'où le facteur $$\frac{1}{r^{n-1}} = \{(\mathrm{R} + \mathrm{K})^2 + l\}^{-\frac{n-1}{2}}.$$

136. Développons le second membre suivant les puissances négatives de R; nous aurons une idée nette de la loi des coefficients, en nous servant de la formule de Maclaurin

$$f(x) = f(o) + \frac{x}{1} f'(o) + \frac{x^2}{1.2} f''(o), \text{ etc.}$$

A cet effet la quantité à développer devra se mettre sous la forme :

$$\{(\mathrm{R} + \mathrm{K})^2 + l\}^{-\frac{n-1}{2}} = \mathrm{R}^{-(n-1)} \left\{ \left(1 + \frac{\mathrm{K}}{\mathrm{R}}\right)^2 + \frac{l}{\mathrm{R}^2} \right\}^{-\frac{n-1}{2}}$$

ou bien en posant $\frac{1}{\mathrm{R}} = x$, d'où $\mathrm{R}^{-(n-1)} = x^{n-1}$,

$$\left\{ \left(1 + \frac{\mathrm{K}}{\mathrm{R}}\right)^2 + \frac{l}{\mathrm{R}^2} \right\}^{-\frac{n-1}{2}} = \{(1 + \mathrm{K}x)^2 + lx^2\}^{-\frac{n-1}{2}} = \{1 + 2\mathrm{K}x + (\mathrm{K}^2 + l)\, x^2\}^{-\frac{n-1}{2}}$$

$$= 1 + \frac{x}{1} f'(o) + \frac{x^2}{1.2} f''(o) + \frac{x^3}{1.2.3} f'''(o) + \ldots.$$

$$= 1 + \mathrm{R}^{-1} f'(o) + \frac{\mathrm{R}^{-2}}{1.2} f''(o) + \frac{\mathrm{R}^{-3}}{1.2.3} f'''(o) + \ldots.$$

Tous les termes $f'(o)$, $f''(o)$, $f'''(o)$, etc., sont alternativement négatifs et positifs; soient $\varphi'(o)$, $\varphi''(o)$, $\varphi'''(o)$... les quotients de $f'(o)$, etc., divisés par $n-1$ avec son signe, nous aurons :

$$-\frac{1}{n-1} \iint \frac{\mu dm . \mu' dm'}{r^{n-1}} = -\iint \mu dm . \mu' dm' \left\{ \frac{\mathrm{R}^{-(n+1)}}{n-1} - \mathrm{R}^{-n} \varphi'(o) + \frac{\mathrm{R}^{-(n+1)}}{1.2} \varphi''(o) - \text{etc.} \right\}.$$

137. Maintenant remplaçons $\varphi'(o)$, $\varphi''(o)$, etc., par leurs valeurs indépendantes de R, et dont nous venons de mettre en évidence la loi de génération :

$$-\frac{1}{n-1} \iint \frac{\mu dm . \mu' dm'}{r^{n-1}} =$$

$$-\iint \mu dm \mu' dm' . \left\{ \frac{\mathrm{R}^{-(n-1)}}{n-1} - \mathrm{K}\mathrm{R}^{-n} + \left(\frac{n}{2}\mathrm{K}^2 - \frac{l}{2}\right) \mathrm{R}^{-(n+1)} - \left(\frac{n^2+n}{6}\mathrm{K}^3 - \frac{(n+1)}{2}\mathrm{K}l\right) \mathrm{R}^{-(n+2)} \text{ etc.} \right\}.$$

Le terme en $R^{-(n-1)}$ s'évanouit puisque $\int \mu dm = 0$ et $\int \mu' dm' = 0$.

Le terme en R^{-n} disparaît aussi, puisque en posant $\int a\mu dm = M$ et $\int A\mu dm = M'$, on aura $M\int \mu' dm' = 0$ et $M'\int \mu dm = 0$; et les autres termes de K sont des quantités constantes ou de la forme $V\int b\mu dm$ ou $V\int B\mu' dm'$ qui sont nulles. (Voir nos 73 et 74.)

Le coefficient de $R^{-(n+1)}$ se compose de deux parties : la première a pour facteur K^2, et en vertu des mêmes théorèmes (73 et 74), tous les termes qui composent ce facteur disparaissent par l'intégration à l'exception d'un seul :

$$-2Aa\cos(\psi - u)\cos(\psi - u).$$

La seconde partie a pour facteur l, dont tous les termes deviennent encore nuls par l'intégration, excepté un seul :

$$-2Aa\sin(\psi - u)\sin(\psi - u).$$

Il est bien entendu que ces simplifications ne sont légitimes qu'à la condition que le magnétisme libre soit symétriquement distribué dans l'aimant.

Le terme en $R^{-(n+1)}$ sera donc :

$$\iint \mu dm \cdot \mu' dm' \left\{ nAa\cos(\psi - U)\cos(\psi - u) - Aa\sin(\psi - U)\sin(\psi - u) \right\} R^{-(n+1)}$$
$$= MM' \left\{ n\cos(\psi - U)\cos(\psi - u) - \sin(\psi - U)\sin(\psi - u) \right\} R^{-(n+1)}.$$

La dérivée de ce terme par rapport à u sera :

$$MM' \left\{ n\cos(\psi - U)\sin(\psi - u) + \sin(\psi - U)\cos(\psi - u) \right\} R^{-(n+1)}$$

et nous la désignerons pour abréger par

$$f_{(n+1)} = \frac{1}{2}\frac{d\varphi''(0)}{du}\iint \mu dm \cdot \mu' dm'.$$

De même nous poserons

$$f_{(n+2)} = \frac{1}{1.2.3}\cdot\frac{d\varphi'''(0)}{du}\iint \mu dm \cdot \mu' dm'$$

et ainsi de suite, et nous insisterons sur cette remarque importante, que

dans le cas supposé de la symétrie magnétique parfaite, tous les termes qui affectent les facteurs $R^{-(n+2)}$, $R^{-(n+4)}$,..... etc., s'évanouissent complétement par l'intégration, c'est-à-dire tous les polynomes formés à l'aide des fonctions dérivées $\varphi'''(o)$, $\varphi^{V}(o)$, etc., ou bien $f_{(n+2)}$, $f_{(n+4)}$, etc.

Ensuite, pour donner à l'usage de cette formule toute sa clarté, il est utile d'observer encore que si l'angle ψ augmente de π, la valeur de K devient négative, tandis que la valeur de l reste positive. Il en résulte un changement de signe pour tous les termes où K entre avec une puissance impaire; donc les coefficients $f_{(n+1)}$, $f_{(n+3)}$,..... ne se modifieront pas, mais les coefficients $f_{(n+2)}$, $f_{(n+4)}$,..... changeront de signe.

138. Il résulte des considérations qui précèdent que le second terme de $\frac{dT}{du}$ sera une série de la forme :

$$f_{(n+1)}R^{-(n+1)} \pm f_{(n+2)}R^{-(n+2)} + f_{(n+3)}R^{-(n+3)} \pm f_{(n+4)}R^{-(n+4)} + \text{etc.}$$

La dérivée du troisième terme de T, savoir : $-\frac{1}{2}(N-u)^2 q$, est égale à $q(N-u)$.

Et en résumé la condition d'équilibre correspondante à $\frac{dT}{du} = 0$, a pour expression générale

$$MX \sin u + q(u-N) = f_{(n+1)}R^{-(n+1)} \pm f_{(n+2)}R^{-(n+2)} + f_{(n+3)}R^{-(n+3)} \pm \text{etc.}$$

L'aimant mobile étant suspendu préalablement sans torsion, la valeur de N sera assez faible; et si dans les expériences on ne donne à u que de petites valeurs, on pourra écrire $q(u-N) = q \sin(u-N)$, d'autant plus que le coefficient q est une fraction très-petite de MX, comme nous l'avons déjà fait remarquer (n° 96). Nous écrirons donc :

$$MX \sin u + q \sin(u-N) = f_{(n+1)}R^{-(n+1)} + f_{(n+2)}R^{-(n+2)} \text{ etc.}$$

139. Soit u_0 la valeur que prendrait l'angle u si l'on écartait l'influence de l'aimant fixe; on aura évidemment :

$$MX \sin u_0 + q \sin(u_0 - N) = 0,$$

car alors la torsion est la seule force qui entre en composition avec la force terrestre, pour diriger l'aiguille mobile.

Posons l'identité $u_0 + (u - u_0) = u$, nous aurons :

$$\sin u = \sin u_0 \cos (u - u_0) + \sin (u - u_0) \cos u_0,$$
$$\cos u = \cos u_0 \cos (u - u_0) - \sin (u - u_0) \sin u_0.$$

Ensuite :

$$\mathrm{MX} \sin u + q \sin (u - \mathrm{N}) = \{\mathrm{MX} \sin u_0 + q \sin (u_0 - \mathrm{N})\} \cos u - u_0)$$
$$+ \{\mathrm{MX} \cos u_0 + q \cos (u_0 - \mathrm{N})\} \sin u - u_0).$$

Le premier terme du second membre est nul en vertu de la condition d'équilibre entre la force terrestre et la torsion; de plus u_0, et N sont très-petits; on peut donc écrire :

$$\mathrm{MX} \sin u + q \sin (u - \mathrm{N}) \mathrm{MX} \sin (u - u_0).$$

La dernière équation du numéro 138 prend donc la forme

$$(\mathrm{MX} + q) \sin (u - u_0) = f_{(n+1)} \mathrm{R}^{-(n+1)} + f_{(n+2)} \mathrm{R}^{-(n+2)} + \ldots.$$

en faisant abstraction des changements de signe des termes d'ordre pair.

140. Si les conditions expérimentales permettent, dans l'évaluation de la série du second membre, de négliger tous les termes après le premier, l'élimination de u devient simple; en effet :

$$(\mathrm{MX} + q) \sin (u - u_0) = \mathrm{MM}' \{n \cos (\psi - \mathrm{U}) \cos (\psi - u) + \sin (\psi - \mathrm{U}) \sin (\psi - u)\} \mathrm{R}^{-(n+1)}.$$

Et en ayant égard à l'identité $u = u_0 + (u - u_0)$, on tire facilement de là

$$\operatorname{tg} (u - u_0 =$$
$$\frac{\mathrm{MM}' \{n \cos (\psi - \mathrm{U}) \sin (\psi - u_0) + \sin (\psi - \mathrm{U}) \cos (\psi - u_0)\} \mathrm{R}^{-(n+1)}}{\mathrm{MX} + q + \mathrm{MM}' \{n \cos (\psi - \mathrm{U}) \cos (\psi - u_0) - \sin (\psi - \mathrm{U}) \sin (\psi - u_0)\} \mathrm{R}^{-(n+1)}).}$$

Le numérateur n'est autre chose que la valeur de $f_{(n+1)}$ lorsqu'on y substitue u_0 à u. Si l'on divise les deux termes de la fraction ci-dessus par $\mathrm{MX} + q$, le dénominateur prendra une forme telle que :

$$1 + \mathrm{VR}^{-(n+1)}$$

et si l'on développe la fraction $\frac{1}{1+\sqrt{R^{-(n+1)}}}$ suivant les puissances négatives de R, le premier terme est 1, et les termes suivants sont affectés de $R^{-(n+1)}$, $R^{-2(n+1)}$, ...

Le produit de cette série par $f_{(n+1)}$ se compose ainsi de termes en $R^{-(n+1)}$, $R^{-2(n+1)}$, etc.; et les conditions expérimentales que nous avons supposées éliminent d'elles-mêmes tous les termes qui suivent celui en $R^{-(n+1)}$.

On aura donc :

$$\operatorname{tg}(u-u_0) =$$

$$\frac{MM'}{MX+q}\left\{n\cos(\varphi-U)\sin(\varphi-u_0)+\sin(\varphi-U)\cos(\varphi-u_0)\right\}R^{-(n+1)} =$$

$$\frac{1}{MX+q}F_{n+1}R^{-(n+1)}.$$

141. Si nous avions conservé un plus grand nombre de termes dans la série qui représente la valeur de $(MX+q)\sin(u-u_0)$ dans le numéro 139, nous aurions eu une autre valeur de $tg(u-u_0)$, à laquelle on peut donner la forme

$$\frac{1}{MX+q}\left\{F_{n+1}R^{-(n+1)}+F_{n+2}R^{-(n+2)}+\text{etc.}\right\}$$

Les caractéristiques F ne sont pas autre chose que les f dans lesquelles u_0 est substitué à u, jusqu'au terme en $R^{-2(n+1)}$ exclusivement, ou bien $R^{-(2n+1)}$ inclusivement.

Les fonctions F sont indépendantes de u; elles se rapportent à l'état d'équilibre de l'aiguille mobile sous les seules influences de la terre et de la torsion; tandis que les fonctions f se rapportent à l'équilibre nouveau produit par l'intervention du second aimant. Cette distinction est essentielle.

142. Si l'on fait varier la position de l'aimant fixe, sans changer sa direction, ni celle de R, mais en faisant varier la valeur de R, on pourra observer autant de valeurs de $u-u_0$ que l'on aura conservé de fonctions $F_{(n+1)}$, $F_{(n+2)}$, etc., pour éliminer ces dernières.

Ainsi avec un seul terme, comme au numéro 140, on aurait :

$$(MX+q)\operatorname{tg}(u-u_0) = F_{(n+1)}R^{-(n+1)},$$

$$MX\left(1+\frac{q}{MX}\right) = \frac{F_{(n+1)}}{\operatorname{tg}(u-u_0)}R^{-(n+1)},$$

d'où

$$\frac{X}{M'} = \frac{1}{\left(1 + \frac{q}{MX}\right) \operatorname{tg}(u - u_0)} \cdot \frac{F_{(n+1)}}{MM'} R^{-(n+1)} =$$

$$\frac{R^{-(n+1)}}{\left(1 + \frac{q}{MX}\right) \operatorname{tg}(u - u_0)} \cdot \left\{ n \cos(\psi - U) \sin(\psi - u_0) + \sin(\psi - U) \cos(\psi - u_0) \right\}.$$

On voit que 1° si l'on calcule $\frac{q}{MX}$ par la méthode indiquée (nos 90 à 95); 2° si l'on possède la valeur de M'X donnée par la loi des oscillations de l'aimant fixe (G'), il devient facile d'éliminer le moment M'. Et enfin 3° si $n = 2$ d'après la loi de Coulomb et d'Hansteen, on aura

$$\frac{X}{M'} R^3 = \frac{n \cos(\psi - U) \sin(\psi - u_0) + \sin(\psi - U) \cos(\psi - u_0)}{\left(1 + \frac{q}{MX}\right) \operatorname{tg}(u - u_0)}.$$

Mais nous laisserons encore subsister l'indétermination de n, et nous verrons bientôt que cette formule, convenablement appliquée à un nombre suffisant d'expériences, donne elle-même la valeur de n, avec une approximation aussi grande que l'on veut.

143. L'angle U détermine la position de l'aimant fixe. En retournant cet aimant bout à bout, on augmente de π la valeur de U, et l'on obtient une déviation de l'aimant mobile, en sens contraire de la première : $-u_1$ par exemple, et la valeur absolue de cette déviation serait égale à u, si l'on avait $u_0 = 0$. Nous raisonnons toujours dans l'hypothèse d'une distribution symétrique du magnétisme libre dans les deux aimants.

Or les fonctions F ne contiennent pas u ni u_1 : donc, quelle que soit même la distribution du magnétisme, et la différence entre u_0 et o, le retournement de l'aimant fixe n'altérera pas les valeurs absolues des F..., mais seulement leurs signes, puisqu'elles proviennent des f.... Mais en vertu d'une formule connue

$$x = \operatorname{tg} x - \frac{1}{3} \operatorname{tg}^3 x + \frac{1}{5} \operatorname{tg}^5 x \text{ etc...}$$

$$u - u_0 = \operatorname{tg}(u - u_0) - \frac{1}{3} \operatorname{tg}^3 (u - u_0) + \frac{1}{5} \operatorname{tg}^5 (u - u_0) \text{ etc.},$$

l'arc $u - u_0$ se développe en une série qui contient les mêmes termes F... que la tangente, jusqu'au terme affecté de $R^{-5(n+1)}$ exclusivement; et il en résulte que l'arc moyen $\frac{1}{2}(u - u^1)$ ou sa tangente peut se développer en une série dont les termes ont pour facteurs $F_{(n+1)}$, $F_{(n+2)}$, etc.

144. On peut encore changer la position de l'aimant fixe, en augmentant ψ de π : on observera alors deux autres déviations u_2 et u_3 correspondantes aux angles U et $U + \pi$; et ce que nous venons de dire pour $\frac{1}{2}(u - u_1)$ et sa tangente, est vrai pour $\frac{1}{2}(u_2 - u_3)$ et sa tangente.

145. Dans le développement de $\operatorname{tg}(u - u_0)$ en $(\psi - u_0)$, nous avons vu (n° 141) qu'au terme en $R^{-2(n+1)}$ s'ajoute un terme qui ne change pas de signe lorsque l'angle ψ devient $\psi + \pi$. Le nombre $2(n+1)$ étant pair, le terme en $R^{-2(n+1)}$ occupe le rang impair si n est impair; et le rang pair si n est pair, ce qui est le cas naturel, puisque $n = 2$ (*).

Pour n pair les coefficients alternatifs de la série $\frac{1}{4}(u - u_1 + u_2 - u_3)$ se détruisent, et l'on a l'expression suivante :

$$\operatorname{tg}\frac{1}{4}(u - u_1 + u_2 - u_3) = \frac{F_{(n+1)}}{R^{n+1}} + \frac{F_{(n+2)}}{R^{n+2}} + \frac{F_{(n+3)}}{R^{n+3}} + \text{etc.}$$

La quantité $\frac{1}{4}(u - u_1 + u_2 - u_3)$ est la moyenne arithmétique des résultats de quatre expériences faites en retournant l'aimant G' d'abord sur lui-même, puis en le mettant dans une position symétrique, par rapport à la direction de R et à l'origine g. Les signes de u_1 et u_3 indiquent que ces déviations sont en sens opposé de u et u_2. Cette moyenne sera désignée par v.

146. Pour que les erreurs de lecture des angles ψ et U, lors du placement de l'aimant fixe, aient le moins d'influence possible sur le terme F_{n+1},

(*) Si l'exposant n, qui exprime la loi du décroissement de la force élémentaire, est impair, les coefficients d'ordre impair dans les deux séries $u - u_0$ et $u_2 - u_0$ sont égaux; ceux d'ordre pair sont égaux et de signe contraire.

La même observation concerne les deux autres séries $u_1 - u_0$ et $u_3 - u_0$.

Alors les séries additionnelles $u + u_2$ et $u_1 + u_3$ sont privées des termes en $R^{-(n+2)}$ $R^{-(n+4)}$, etc.

Nous laissons à cette remarque son caractère purement analytique, puisque n est pair et égal à 2. Alors les termes à partir de celui en $R^{-2(n+1)}$, n'ont plus des coefficients égaux et de signe contraire.

le seul que nous conservions, ces angles devront rendre $F_{(n+1)}$ maximum par rapport à ψ et à U.

Ces angles devront donc satisfaire aux deux conditions :

$$\frac{dF}{dU} = 0 = n \sin(\psi - U) \sin(\psi - u_0) - \cos(\psi - U) \cos(\psi - u_0),$$

$$\frac{dF}{d\psi} = 0 = (n+1) \cos(2\psi - U - u_0).$$

Ces équations seront satisfaites de la manière suivante :

$$\text{Première solution} \left\{ \begin{array}{ll} \psi = 0 & \left\{ \begin{array}{l} U = 90^\circ \\ U = 270^\circ \end{array} \right. \\ \psi = 180 & \left\{ \begin{array}{l} U = 90^\circ \\ U = 270^\circ \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\text{Seconde solution.} \left\{ \begin{array}{ll} \psi = 90 & \left\{ \begin{array}{l} U = 90^\circ \\ U = 270^\circ \end{array} \right. \\ \psi = 270 & \left\{ \begin{array}{l} U = 90^\circ \\ U = 270^\circ \end{array} \right. \end{array} \right.$$

En réalité, au lieu de ψ, il faudrait écrire $\psi - u_0$; mais, non-seulement u_0 est un angle négligeable, il varie aussi peu dans les expériences de longue durée.

Dans la première solution le centre de l'aimant fixe G′ est placé dans le méridien; dans la seconde le prolongement de son axe G′A, rencontre l'aimant mobile en son milieu. Dans les deux systèmes l'axe magnétique de l'aimant fixe est perpendiculaire au méridien magnétique du lieu.

147. La première solution donne (n° 140) :

$$F = \pm \frac{MM'}{MX + q} = P,$$

la seconde,

$$F = \pm \frac{nMM'}{MX + q} = nP.$$

et puisque $n > 1$, la première correspond au minimum de l'action réciproque des aimants, et la seconde au maximum.

Le rapport de ces deux valeurs maxima et minima est précisément égal à n; de sorte qu'en soumettant à la vérification expérimentale, ces deux valeurs, Gauss a déterminé n à posteriori. Si $n = 2$, on aura :

$$\operatorname{tg} v = F_3R^{-3} + F_5R^{-5} + F_7R^{-7}.$$

Soit V le maximum de v, et v son minimum :

$$\operatorname{tg} V = nPR^{-3} + P'R^{-5} + P''R^{-7} + \ldots.$$
$$\operatorname{tg} v = PR^{-3} + P'R^{-5} + P''R^{-7} + \ldots. .$$

En faisant varier R de décimètre en décimètre depuis $1^m,1$ jusqu'à 4 mètres, et appliquant aux nombres V et v la méthode des moindres carrés, on trouve les deux séries

$$\operatorname{tg} V = 0{,}086870R^{-3} - 0{,}002185R^{-5}\ldots.$$
$$\operatorname{tg} v = 0{,}045435R^{-3} + 0{,}002449R^{-5}\ldots.$$

dont les premiers termes sont dans le rapport 2 à 1.

De plus, les valeurs de V comparées entre elles sont en raison inverse du cube des distances, ce qui confirme de nouveau la loi de Coulomb et Hansteen.

148. Reprenons la formule

$$\operatorname{tg} v = F_3R^{-3} + F_5R^{-5},$$

en nous arrêtant aux deux premiers termes; et soient v_1 et v_2 les valeurs de V correspondantes à R_1 et R_2, nous aurons en éliminant F_5

$$F = \frac{R_1^5 \operatorname{tg} v_1 - R_2^5 \operatorname{tg} v_2}{R_1^2 - R_2^2} = \frac{2MM'}{MX + q}.$$

ce qui donnera :

$$\frac{X}{M'} = \frac{2}{F} \cdot \frac{MX}{MX + q} = \frac{2}{F} \cdot \frac{1}{1 + \frac{q}{MX}}.$$

Dans la série des puissances négatives de R, nous n'avons conservé que deux termes; d'après Gauss, cela suffit lorsque l'aimant fixe n'ayant pas plus de 300 millimètres de long, R est pris entre les limites de 900 à 1200

millimètres, c'est-à-dire au moins trois fois aussi grand que la longueur de l'aimant fixe, et mieux encore quatre fois.

149. En résumé, voici les opérations à faire pour trouver la mesure de l'intensité absolue du magnétisme terrestre.

L'aiguille mobile doit faire connaître : 1° le rapport $\frac{q}{MX}$ de la torsion du fil à son moment magnétique de rotation horizontale; 2° les valeurs de v_1 et v_2 relatives à deux valeurs différentes R_1 et R_2, chacune pour quatre positions de l'aimant fixe AB.

L'aimant fixe doit donner : 1° M'X, ce qui suppose connu le rapport $\frac{q}{M'X}$; 2° son moment d'inertie. Il faudra donc soumettre cet aimant à toutes les expériences exposées précédemment (nos 90 à 107).

Les expériences préparatoires, dit Gauss, doivent être conduites avec la plus grande célérité possible, pour que la variation de la constitution magnétique des aimants qui doivent osciller, soit le moins sensible. Pour abréger la durée, il conseille de s'en tenir aux déviations u et u_1 obtenues à des distances convenables.

150. Les valeurs obtenues ne sont pas absolues dans toute la rigueur du terme, si elles sont soumises à des influences locales, telles que les masses de fer qui changent un peu la valeur et la direction de la force magnétique. Si ces influences ne varient pas, leurs modifications restent constantes; on peut les déterminer avec une approximation satisfaisante, en faisant osciller en même temps deux aiguilles, l'une dans le local, l'autre à l'extérieur et assez loin des causes perturbatrices, et en alternant le rôle de ces deux instruments. On trouverait ainsi les éléments de la correction : c'est ce qui a été fait à Munich en 1845, et, à plusieurs reprises, à Bruxelles.

151. Ces influences locales sont, comme l'a fait remarquer M. Lamont, plus fréquentes qu'on ne le pense en général, même en plein air. C'est pourquoi il est indispensable de fixer avec précision la station où chaque mesure a été faite. Les résultats actuels, comparés avec ceux de l'avenir, pourront, quelque jour peut-être, jeter quelque lumière nouvelle sur les questions qui se rapportent à la variation séculaire, alors même que les chiffres dépendants des influences locales, ne pourraient servir à représenter l'état magnétique du lieu. Toutefois l'appréciation des causes locales ne portera probable-

ment des fruits que dans un temps encore éloigné, après un grand nombre de mesures (*).

152. Dans le beau mémoire que nous venons d'analyser, en respectant la marche élégante suivie par l'illustre maître, mais en nous arrêtant sur quelques points traités par lui avec une rapidité qui en rend la lecture difficile, nous avons à relever cependant une contradiction, que les expériences de l'auteur lui-même semblent mettre en évidence. Il attribue aux aimants de 2000 à 3000 grammes une précision plus parfaite qu'aux aimants légers; nous avons déjà mentionné les critiques dont cette opinion a été l'objet, tant de la part de M. Lamont, que de Lloyd et d'autres observateurs anglais; or le tableau des expériences de 1832 (**) démontre que l'aiguille de 58 grammes est tout aussi efficace que les autres; par conséquent l'on ne doit pas, en voyage, hésiter à s'en servir.

§ 5. *Modification de la méthode de* Gauss *par* M. Lamont.

153. Nous avons vu (n° 146) que la position la plus favorable de l'aimant fixe est celle qui correspond toujours à $U = \frac{\pi}{2}$ ou $\frac{3\pi}{2}$, soit que son milieu soit placé dans le méridien magnétique, auquel cas $\psi = 0$ ou π; soit que le prolongement de son axe rencontre l'aimant mobile au centre de rotation. Pour donner aux appareils de mesure une plus grande simplicité et aux opérations une célérité très-désirable, le savant directeur de l'Observatoire de Munich a sacrifié l'indication théorique que nous venons de rappeler, non sans justifier par des essais comparatifs, et par l'appréciation consciencieuse des erreurs, les combinaisons nouvelles qu'il a adoptées.

M. Lamont place l'aimant fixe perpendiculairement à l'aimant mobile, et voici les modifications qui en résultent.

154. Reprenons la formule de Gauss (n° 138), en y faisant $n = 2$:

$$MX \sin u + q(u - N) = f_3 R^{-3} + f_5 R^{-5} + f_7 R^{-7} \dots .$$

(*) *Mémoires de l'Acad. de Munich*, t. V.

(**) *Commentationes Gottingensis*, t. VIII, p. 41.

Si l'on fait provisoirement abstraction de la torsion, pour l'introduire ensuite comme correctif, et si l'on remarque que dans le nouvel appareil on a :

$$\psi = U, \quad \cos(\psi - U) = 1, \quad \sin(\psi - u) = \sin\frac{\pi}{2} = 1,$$
$$\sin(\psi - U) = 0, \quad \cos(\psi - u) = 1,$$

il vient :

$$f_3 = MM'\{n\cos(\psi - U)\sin(\psi - u) + \sin(\psi - U)\cos(\psi - u)\} = 2MM'.$$

Et alors : $$MX\sin u = 2MM'R^{-3} + f_5R^{-5} + f_7R^{-7} + \ldots.$$

Posons $$\frac{f_5}{MM'} = p, \quad \frac{f_4}{MM'} = q,$$

nous aurons, avec $u = \varphi$:

$$\sin\varphi\frac{X}{M'} = \frac{2}{R^3}\left(1 + \frac{p}{R^2} + \frac{q}{R^4}\right) \text{ ou } \frac{M}{X} = \frac{R^3\sin\varphi}{2}\frac{1}{1 + \frac{p}{R^2} + \frac{q}{R^4}} \text{ (*)} \ldots \quad (1)$$

155. Cette formule, combinée avec celle du mouvement oscillatoire de l'aimant fixe, $M'X\frac{\pi^2K}{T^2}$, donne :

$$X^2 = \frac{2\pi^2K}{T^2R^3\sin\varphi}\left(1 + \frac{p}{R^2} + \frac{q}{R^4} + \ldots.\right) \ldots \quad (2)$$

156. Si l'aimant fixe n'est pas rigoureusement perpendiculaire à l'aimant mobile, posons dans la formule du numéro 137 :

$$\psi - U = \Delta\psi \quad \text{et} \quad \psi - u = \frac{\pi}{2} + \Delta\psi',$$

il vient :

$$f_3 = MM'\left\{2\cos\Delta\psi\sin\left(\frac{\pi}{2} + \Delta\psi'\right) + \sin\Delta\psi\cos\left(\frac{\pi}{2} + \Delta\psi'\right)\right\},$$

$$f_3 = 2MM' - MM'\left(4\sin^2\frac{1}{2}\Delta\psi + 4\sin^2\frac{1}{2}\Delta\psi' + \sin\Delta\psi\sin\Delta\psi'\right).$$

Or, dans les limites des erreurs de lecture, surtout avec un appareil

(*) Formule textuelle du mémoire de M. Lamont. (*Mémoires de l'Académie des sciences de Munich*, t. III.)

soigneusement construit et vérifié, la quantité entre parenthèses n'affecte point les résultats.

157. L'erreur angulaire peut affecter la mesure de la distance R; cette distance n'est pas lue directement; on ne lit que la distance de l'extrémité d'un aimant au bord de l'autre.

Soit l la longueur de l'aimant fixe, la distance lue sera à peu près $R-\frac{1}{2}l$, en faisant abstraction de la demi-largeur de l'aimant mobile, et en supposant $\Delta\psi=0$; sinon la distance lue sera :

$$R-\frac{1}{2}l(1-\cos\Delta\psi)=R-l\sin^2\frac{1}{2}\Delta\psi.$$

Si nous arrêtons le développement de X au premier terme, au lieu de $X=\frac{C}{R^3}$, on aura :

$$X'=C\left(R-l\sin^2\frac{1}{2}\Delta\psi\right)^{-3}=CR^{-3}+3CR^{-4}l\sin^2\frac{1}{2}\Delta\psi\ldots\ldots=X+3X\frac{l}{R}\sin^2\frac{1}{2}\Delta\psi.$$

on peut toujours prendre $R>2l$. Si l'on a $R=2l$, l'erreur $\Delta\psi$ ne doit pas dépasser $20'$ pour conserver l'approximation de 0,0001 à la valeur de X.

158. Pour faire avec une approximation suffisante les mesures de φ et de R, on les répète quatre fois : on place l'aimant fixe d'abord dans deux positions opposées A_1B_1 et A_2B_2 (fig. 29), avec l'extrémité A sur les divisions marquées respectivement γ_1 et γ_2 tandis que l'aimant mobile est dans la position a_1b_1 et fait avec le méridien magnétique l'angle mesuré φ_1 d'une part et φ^2 de l'autre.

Représentons

$$C_1O \text{ par } R+\Delta R+\delta R,$$
$$C_2O \text{ par } R+\Delta R-\delta R.$$

Plaçons ensuite l'aimant fixe dans les deux positions A_3B_3 et A_4B_4, avec l'extrémité A sur les divisions marquées respectivement γ_3 et γ_4, tandis que l'aimant mobile est dans la position a_2b_2, et fait avec le méridien magnétique l'angle mesuré φ_3 d'un côté, et φ_4 de l'autre; soit

$$C_3O=R-\Delta R+\delta R',$$
$$C_4O=R-\Delta R+\delta R'.$$

Supposons que l'on ait calculé f_5 pour ces différentes positions, on aura :

$$(MX)' \sin \varphi_1 = f_5' (R + \Delta R - \partial R)^{-3} = f_5' R^{-3} \left(1 - \frac{\Delta R + \partial R}{R}\right)^{-3},$$

$$(MX)' \sin \varphi_2 = f_5'' (R + \Delta R - \partial R)^{-3} = f_5'' R^{-3} \left(1 - \frac{\Delta R + \partial R}{R}\right)^{-3},$$

$$(MX)' \sin \varphi_3 = f_5''' (R - \Delta R + \partial R')^{-3} = f_5''' R^{-3} \left(1 - \frac{\Delta R + \partial R'}{R}\right)^{-3},$$

$$(MX)' \sin \varphi_4 = f_5^{iv} (R - \Delta R - \partial R')^{-3} = f_5^{iv} R^{-3} \left(1 - \frac{\Delta R + \partial R'}{R}\right)^{-3}.$$

Ajoutant et divisant par 4, nous aurons :

$$(MX)' \frac{1}{4} \Sigma \sin \varphi = R^{-3} \Sigma f_5 \left(1 + 6 \frac{\Delta R^2 + \partial R^2 + \partial R'^2}{R^2}\right).$$

et l'on trouve que pour ne pas excéder dans la valeur du terme dépendant de ΔR, ∂R et $\partial R'$, le $\frac{1}{10000}$ de la valeur de X, cette fraction ne doit point dépasser $\frac{1}{175}$.

Or on a $\Delta R = \frac{1}{4}(\gamma_1\gamma_2 - \gamma_3\gamma_4)$: cette erreur doit être négligeable pour peu que l'instrument soit construit avec les soins ordinaires qu'il comporte. Il reste donc $\frac{\partial R^2 + \partial R'^2}{R^2}$ dont il fait abaisser la valeur au-dessous de $\frac{1}{175}$ pour obtenir la valeur de X avec une approximation de $\frac{1}{10000}$.

Pour cela il faut que l'on obtienne

$$\varphi_2 - \varphi_1 < 21' \text{ pour } \varphi = 20^\circ$$
$$\varphi_2 - \varphi_1 < 34' \text{ pour } \varphi = 30^\circ$$
$$\varphi_2 - \varphi_1 < 49' \text{ pour } \varphi = 40^\circ.$$

Dans ces conditions, l'équation (1) du numéro 154 sera applicable si l'on pose :

$$R = \frac{1}{4}(\gamma_1\gamma_2 + \gamma_3\gamma_4)$$

et

$$\varphi = \frac{1}{4}(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4).$$

159. Une seule valeur de φ suffit, à la rigueur, pour déterminer $\frac{M}{X}$ de

l'équation (1) du numéro 154, pourvu que la quantité $\left(1+\frac{p}{R^2}+\frac{q}{R^4}\right)$ soit connue. Pour évaluer cette quantité, il faut prendre à différentes distances $R'R''R'''\ldots$ les angles $\varphi', \varphi'', \varphi''', \ldots$ chacune donnera naissance à une équation de la forme (1), et l'on en tirera

$$\log\frac{M}{X} = \log\left(\frac{1}{2}R^3\sin\varphi'\right) + \frac{p}{R^2} + \frac{q}{R^4}$$

$$\log\frac{M}{X} = \log\left(\frac{1}{2}R^3\sin\varphi''\right) + \frac{p}{R^2} + \frac{q}{R_4}$$

$$\log\frac{M}{X} = \log\left(\frac{1}{2}R^3\sin\varphi'''\right) + \frac{p}{R^2} + \frac{q}{R^4}$$

. . . . . .

Ce système d'équations élimine $\frac{M}{X}$ et donne p et q par la méthode des moindres carrés.

160. Pour introduire le correctif dû à la torsion du fil, nous chercherons, comme précédemment, la valeur de $\frac{q}{MX} = \gamma$ et nous aurons

$$1^\circ \quad MX(1+\gamma) = \frac{\pi^2 K}{T^2};$$

$$2^\circ \quad \frac{M}{X(1+\gamma)} = \frac{1}{2}R^3\sin\varphi \cdot \frac{1}{1+\frac{p}{R^2}+\frac{q}{R^4}}.$$

Seulement on proportionnera autant que possible l'appareil pour que $\gamma = 0$, dans l'état statique exprimé par la seconde formule; mais pour déterminer K, on ne peut se passer de la valeur de γ. (Voir n° 101.)

161. La méthode de Gauss, bien que justifiée à priori par toutes les déductions théoriques, est soumise à une difficulté pratique : c'est la mesure exacte des déviations. La comparaison de deux magnétomètres placés dans la même localité offre toujours des résultats différents, tant à Munich que dans d'autres observatoires. C'est ce qui a engagé M. Lamont à chercher une voie par laquelle il pût s'affranchir de cette difficulté; c'est dans cette recherche qu'il a reconnu un avantage important à placer l'aimant fixe, non pas perpendiculairement au méridien, mais perpendiculairement à l'aimant mobile; non-seulement, comme on vient de le voir, le développement de $\frac{M}{X}$ est

très-simple, mais surtout l'opération est facilitée par l'observation de grands angles de déviation; de plus, l'observation des actions opposées élimine les moments d'induction opposés, et de même valeur absolue, à cause de la symétrie.

Dès que l'on a déterminé les coefficients p et q, on obtient pour une distance donnée

$$C = \frac{1}{1 + \frac{p}{R^2} + \frac{q}{R^4}},$$

une seule déviation à l'est, et une à l'ouest du méridien magnétique suffisent pour calculer l'intensité absolue, avec la formule :

$$\frac{M}{X} = C \cdot \frac{R^3 \sin \varphi}{2}.$$

M. Lamont choisit une distance telle que la déviation soit de 30 degrés d'un côté et de 50 degrés de l'autre.

CHAPITRE VI.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE.

162. Les changements de température ont deux effets différents sur les appareils magnétiques : l'effet de la variation du volume des pièces dont la mesure entre dans les formules, et celui de la variation des moments magnétiques, tant des aimants libres que des aimants fixes ou auxiliaires.

Il s'ensuit que dans la formule finale (2) du numéro 155 il y a lieu d'évaluer ces effets sur les quantités K, R et M.

163. Désignons par M_0 le moment magnétique évalué à la température de 0°; et par α le coefficient de la perte de force pour un degré; soit M le moment à t degrés, nous aurons :

$$M = M_0 (1 - \alpha t).$$

De même soit R_0 la distance indiquée par une règle à la température 0°; et β le coefficient de dilatation de la règle (ordinairement de cuivre); soit R la distance lue à t degrés,

$$R = R_0(1 + \beta t).$$

Enfin soit K_0 le moment d'inertie d'un barreau d'acier à la température de 0 degré; β' le coefficient de dilatation de ce métal; soit K le moment calculé à t degrés, on aura :

$$K = K_0(1 + \beta' t)^2 = K_0(1 + 2\beta' t).$$

Telles sont les relations dont il faut tenir compte pour donner à l'usage de la formule (2) une exactitude complète.

164. Supposons les oscillations observées à t degrés et les déviations à t' degrés, nous aurons dans la formule (2) numéro 155 :

$$X^2 = \frac{\pi^2 K_0}{T^2} \frac{1 + \frac{p}{R^2} + \frac{q}{R^4}}{\frac{1}{2} R_0^3 \sin \varphi} (1 + 2\beta' t - 3\beta t' - \alpha(t' - t) - \gamma).$$

Il est bien entendu que l'on ne fait point porter les corrections sur le facteur $\left(1 + \frac{p}{R^2} + \frac{q}{R^4}\right)$, dont la valeur n'est pas assez grande pour être modifiée par les changements de température.

165. M. Lamont a démontré que lorsque les écarts de température sont considérables, comme cela peut arriver dans les recherches à l'air libre, la variation du moment magnétique suit une loi plus compliquée, telle que $M = M_0(1 - \alpha t - \alpha' t^2)$. Hansteen a reconnu le même fait, dans le froid rigoureux qui a régné au mois de février 1844, et il a appliqué la loi ci-dessus au magnétomètre bifilaire, savoir :

$$M_0(1 - 0{,}00089626t - 0{,}000009077t^2).$$

Suivant le grand physicien norwégien, α est toujours compris entre 0,0007 et 0,0010. — M. le docteur Lamont a fait un grand nombre d'expériences sur des aimants de dimensions et de duretés différentes; en voici les résultats sommaires :

1° Le coefficient de la température est d'autant plus petit que le barreau est plus dur; — 2° les gros barreaux auront un coefficient plus élevé que les minces, à cause de la différence de trempe de l'intérieur à l'extérieur; — 3° au plus haut degré de dureté un aimant de $\frac{2}{10}$ de pouce d'épaisseur a pour coefficient 0,0002; un aimant de 1 pouce, 0,0004; mais si les aimants sont ramenés au bleu, le coefficient est compris entre les limites fixées par Hansteen, entre 0,0007 et 0,0010.

166. On voit qu'il est utile de déterminer le coefficient de la variation du moment magnétique relative à la température, pour chaque aimant dont on se sert; ce coefficient peut se rapporter à la durée des oscillations directement, quand les opérations se rapportent aux intensités relatives; c'est ainsi que pour les aimants dont il s'est servi dans son voyage de 1829, M. Quetelet ramenait les durées d'oscillations à 12°R, température moyenne de toutes les observations, au moyen de la formule de correction

$$T = T'\{1 - 0{,}00057125\,(t - 12°)\}.$$

En 1839, deux aimants, portant les numéros 3 et 4, avaient respectivement pour formules de correction :

$$T = T'\{1 - 0{,}0006075\,(t - 12°5)\}$$

et

$$T = T'\{1 - 0{,}000495\,(t - 12°5)\}.$$

Pour deux autres aimants numéros 1 et 2, les coefficients, ayant été vérifiés, n'ont pu être maintenus tels qu'ils avaient été fixés auparavant; preuve que, non-seulement la valeur de α dépend de la nature du barreau et des circonstances qui ont accompagné l'aimantation, telles que la trempe, etc., mais que cette valeur de α dépend aussi de la constitution magnétique actuelle, et doit être vérifiée de temps à autre, surtout avant une série d'expériences (*).

167. MM. Quetelet et Broun, pour donner aux résultats des observations une certitude plus grande, ont cherché l'élimination des erreurs dans

(*) *Mémoires de l'Académie de Bruxelles*, t. VI et XIII.

les observations elles-mêmes. Ils ont admis que la marche journalière ou l'intensité moyenne des jours froids et chauds est la même, ce qui est légitime lorsqu'on réunit un grand nombre de déterminations; ils ont ainsi calculé, d'après ces variations, les coefficients de leurs aimants : les valeurs trouvées étaient un peu moindres que par les méthodes ordinaires (*).

168. M. Lamont, se fondant sur les différences de coefficients des divers aimants, a introduit dans les appareils un système de compensation très-commode. Il consiste à appliquer sur l'aimant principal NS, qui doit être mince et dur, un autre petit aimant un peu plus épais et plus court *ns*, trempé au bleu : les pôles contraires sont en regard, et le contact immédiat est opposé au moyen d'une cale de cuivre interposée entre les deux aimants (fig. 30).

Soit M le moment magnétique de l'aimant principal AB, et m celui du second aimant *ab;* soient α et α' les coefficients respectifs. A la température t, le moment du système sera :

$$M - m - (\alpha M - \alpha' m)\, t;$$

et la compensation aura lieu si l'on parvient à établir la relation $\alpha M - \alpha' m = 0$.

M. Lamont atteint ce but en faisant d'abord l'aimant *ab* un peu trop fort; puis en l'affaiblissant peu à peu, jusqu'à ce que la déviation d'une aiguille mobile, sous l'influence du système, soit constante malgré les variations de température que l'on produit au moyen de bains alternativement chauds et froids.

169. Pour déterminer les coefficients α, on peut recourir, ou à la loi des oscillations dans des circonstances diverses de température, ou aux déviations. Ce dernier procédé est plus commode quant aux observations, mais le premier conduit par des calculs plus simples au but que l'on se propose. Dans la méthode des oscillations, il y a lieu de tenir compte de la variation de l'intensité pendant la durée des expériences; dans la méthode des déviations, il faut ajouter à la variation de l'intensité celle de la déclinaison; cependant, au point de vue de l'exactitude du résultat, la méthode de la déviation paraît

(*) *Répertoire de physique*, t. VII, p. 40 (note).

préférable parce qu'elle peut s'exécuter sous l'influence de températures stables et choisies à volonté. Pour cela l'aimant mobile fait partie d'un théodolite, et l'aimant fixe est appliqué sous une règle de bois qui tient à la boîte et tourne avec celle-ci sur le cercle du théodolite. L'aimant mobile porte un miroir dans lequel se réfléchit le réticule d'une lunette, mobile aussi avec la règle de bois; lorsque l'aimant fixe est dévié, le fil du réticule et son image ne coïncident pas, et l'on reproduit la coïncidence par une rotation suffisante de la règle qui porte l'aimant fixe. Un bassin, contenant de l'eau à une température connue, est amené ou retiré de manière à immerger ou à émerger cet aimant sans ébranler le théodolite.

La formule du numéro 161 étant réduite à sa forme la plus simple, savoir :

$$\frac{M}{X} = C.R^3 \sin \varphi.$$

Soit t_1 la température de l'eau où plonge l'aimant fixe, on aura :

$$\frac{M(1-\alpha t_1)}{X} = CR^3 \sin \varphi_1.$$

Soit t_2 la température d'un second bain :

$$\frac{M(1-\alpha t_2)}{X} = CR^3 \sin \varphi_2,$$

d'où $$\frac{1-\alpha t_1}{1-\alpha t_2} = \frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2}, \quad \text{et} \quad \alpha = \frac{\sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{(t_2 - t_1) \operatorname{tg} \frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2)}.$$

170. En réalité les premières observations n'ont point de valeur; l'aimant fait alors des pertes permanentes, et il faut attendre qu'il soit parvenu à sa constitution la plus stable possible.

Pour déterminer le coefficient relatif à de hautes températures, on commence par plonger l'aimant fixe dans des bains à $t_1 = 30$ et $t_2 = 40$ degrés; on obtient un certain coefficient α_2; puis on prend de l'eau à $t'_1 = 0°$ et $t'_2 = 10°$, ce qui donne un coefficient α_1.

Le premier de ces coefficients se rapporte à la température moyenne $\frac{t_1+t_2}{2}$, le second à la moyenne $\frac{t'_1+t'_2}{2}$; la diminution du coefficient aura pour expression :

$$\beta' = \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\frac{1}{2}(t_1 + t_2 - t'_1 - t'_2)}.$$

Soit α_0 le coefficient à 0° degré, on aura :

$$\alpha_0 = \alpha_1 - \frac{1}{2}\beta'(t'_1 + t'_2).$$

Alors la diminution du moment M d'un aimant lorsqu'il passe d'une température à celle d'un degré plus élevé, par exemple $(t-1)^\circ$ à t° sera :

$$\{\alpha_0 + (t-1)\beta'\}\,\mathrm{M}.$$

et lorsqu'il passe de 0 à t°, la diminution totale sera la somme de toutes les diminutions de 0 à 1, de 1 à 2, etc.... $t-1$ à t, que l'on obtiendrait en donnant à t toutes les valeurs depuis 1 jusqu'à t°. On aura pour cette diminution totale :

$$\left\{t\alpha_0 + \frac{1}{2}t(t-1)\beta'\right\}\mathrm{M}.$$

Posons $\alpha_0 - \frac{1}{2}\beta' = \alpha$, $\frac{1}{2}\beta' = \alpha'$, nous aurons l'expression générale déjà indiquée (n° 165) :

$$\mathrm{M} = \mathrm{M}_0(1 - \alpha t - \alpha' t^2).$$

171. Lorsque les aimants sont très-minces, ils prennent rapidement la température du milieu environnant, et notamment du bain employé dans les expériences précédentes. Mais les gros aimants ne parviennent à l'équilibre de température qu'après un temps plus ou moins long. Tant que cet équilibre n'existe pas, le coefficient calculé est trop faible.

Un nouvel aimant plongé brusquement dans l'eau chaude éprouve une perte permanente; s'il est ensuite immergé brusquement dans l'eau froide, une nouvelle perte moindre que la première s'ajoute à celle-ci; et les

échanges successifs, comme nous l'avons déjà dit, amènent un certain état stable, ou à peu près tel, qui doit être pris pour point de départ de la recherche du coefficient.

Le défaut d'équilibre des gros aimants est un inconvénient grave pour les appareils de variations, qui nécessitent les corrections relatives à la température. M. Lamont a remarqué, avec deux thermomètres, dont l'un était placé à l'air, et l'autre enfermé dans un prisme de fer creux de 11 lignes d'épaisseur, des différences de périodes d'un quart ; les points extrêmes du second arrivaient deux heures plus tard que ceux du premier.

Lloyd, en renfermant ainsi un thermomètre dans un tube, prenait la moyenne des indications de cet appareil et du thermomètre découvert placé près de l'instrument magnétique; mais nous ne savons quelle est la valeur de cette moyenne. Pour connaître la variation d'intensité à un dixième près, il faut apprécier la température à $\frac{1}{25}$ près en degrés Réaumur.

Ces observations démontrent une fois de plus que les aimants de dimensions réduites offrent des avantages incontestables sur les gros aimants.

172. Nous nous bornons ici (n° 163) à montrer l'introduction des coefficients de température, par l'exemple de la formule de M. Lamont (n° 155), sans insister sur d'autres exemples. Ces corrections doivent évidemment s'appliquer aux formules du numéro 121, pour l'appareil à oscillations, et à celle qui expriment les valeurs de f_3 et F_3 (n^{os} 137 et suivants). Nous arrêter davantage sur ces exemples, ce serait, croyons-nous, grossir inutilement ce travail, déjà peut-être trop volumineux, et que l'on trouvera sans doute susceptible d'une condensation considérable?...

TROISIÈME PARTIE.

ÉTUDE DES PRINCIPAUX APPAREILS MODERNES.

—

CHAPITRE I.

APPAREILS DE DÉCLINAISON.

173. Tous les éléments du magnétisme terrestre comportent deux genres d'observations, savoir : leur valeur absolue à certaines époques déterminées; et les variations à intervalles plus ou moins rapprochés. Ainsi, par exemple, pour la déclinaison, l'on fixe à certaines époques la position du méridien magnétique; et l'on cherche, en outre, l'étendue des oscillations spontanées de l'aiguille.

§ 1. *Instruments proposés par* Coulomb.

174. Nous n'avons pu nous procurer aucun renseignement sur les appareils employés par les anciens observateurs de la déclinaison de l'aiguille horizontale. Il est probable que la boussole ordinaire ou compas de mer, tel que le décrivent les anciens traités de physique, était seul en usage, avec addition d'une lunette; et que l'exactitude des résultats dépendait presque exclusivement de leur habileté et de leurs soins.

Les premiers appareils construits spécialement en vue de mesures scientifiques sont, à notre connaissance, ceux qu'a décrits Coulomb en 1785, et qui doivent avoir servi aux recherches de Cassini.

L'aiguille destinée à la fixation du méridien magnétique, ainsi que celle destinée aux variations de la déclinaison, sont suspendues, la première à un

fil d'argent, la seconde, par des fils de soie. Toutes deux sont placées de champ; le point de suspension de la première est à peu près au milieu de sa longueur; celui de la seconde est au tiers, et elle est munie d'un contre-poids curseur, pour la maintenir horizontale.

La première porte un trait fin sur toute sa longueur; ce trait est observé au moyen de deux micromètres à réticules installés au-dessus des extrémités. Un fil d'argent tendu horizontalement sous les foyers des micromètres, et prolongé dans la salle, où est tracé le méridien du lieu, donne la déclinaison absolue.

Plus tard, à cause de la difficulté d'avoir des lames minces bien droites, Coulomb a proposé un aimant plat plus épais, posé dans un étrier, et portant à chaque extrémité un anneau de cuivre ou d'argent avec un fil diamétral de soie ou d'argent pour donner la direction de l'axe de l'aiguille. On procède alors par retournement, et la bissectrice de l'angle formé par les deux positions de l'axe donne la direction de l'axe magnétique de l'aiguille, et par suite celle du méridien (n° 75).

L'instrument des variations porte à l'une de ses extrémités une petite plaque d'argent avec un trait, au-dessus duquel on amène le réticule d'un micromètre, dont le vernier donne les minutes.

Si les variations observées sont assez rapprochées pour ne pas s'élever à plus de 30 minutes, les divisions du micromètre pourront servir de mesure aux angles décrits par l'axe magnétique de l'aimant; mais si, par cheminement, elles s'écartaient davantage du point de repère auquel on voudrait les rapporter, 3 degrés, par exemple, les divisions représenteraient les tangentes de ces angles.

Dans les deux appareils, les aimants sont protégés par des cages de bois contre les agitations de l'extérieur, notamment de l'air. Ces cages sont munies de glaces dans les parties où le passage de la lumière est utile.

175. Ces principes de construction se retrouvent dans les boussoles de déclinaison de Gambey, avec quelques modifications. L'aimant des variations et celui de la déclinaison absolue sont suspendus, au milieu de leur longueur, par un assemblage de fils de soie (*). Les appareils de Gambey

(*) Becquerel, *Traité d'élect. et de magn.*, t. VII. Atlas.

ont servi à Arago, et servent sans doute toujours à l'établissement de Paris?

La boussole destinée à la déclinaison absolue est ajustée sur un théodolite; le support de l'aimant est fixé à l'alidade, qui est double et à deux verniers. Une lunette de repère, fixée au pied du théodolite, permet de vérifier si la position de celui-ci n'a pas été dérangée.

Une lunette astronomique est portée par le bâti de la cage; un changement de verre la transforme en microscope pour viser l'axe de l'aimant aux deux extrémités.

L'étrier dans lequel est placé l'aimant porte un collier circulaire dans lequel il peut tourner sens dessus dessous sans être déplacé.

L'appareil des variations diffère de celui-ci par la suppression du théodolite et de la lunette de passage, ainsi que du collier pour le retournement de l'aiguille. Les positions de l'aimant sont constatées par deux micromètres à verniers.

176. Le même système était adopté à Londres, avec quelques changements de détails, lorsque M. Quetelet en a rapporté les instruments qu'il avait choisis pour organiser les premières observations magnétiques régulières faites en Belgique.

L'appareil de déclinaison est porté sur un cercle horizontal de trois décimètres de diamètre, divisé avec soin de 10 en 10 minutes; de plus, il est muni de trois verniers.

La lunette a un cercle vertical de $1\frac{1}{2}$ décimètre environ de diamètre, avec deux verniers à minutes. Elle se transforme aussi en microscope à lecture par un changement de lentille.

L'aiguille a un peu plus de deux décimètres de long; elle repose par deux chapes d'agate sur un axe cylindrique fixé au centre de l'instrument. Elle est construite de manière à pouvoir être retournée; son axe longitudinal est fixé par deux petits cercles dorés placés à chacune de ses extrémités. L'aiguille porte aussi, pour assurer son horizontalité dans les différents lieux, un petit contre-poids pouvant glisser dans le sens de la longueur. Une boîte de cuivre abrite l'aimant contre les mouvements de l'air : cette boîte est garnie de glaces aux extrémités.

Deux niveaux à bulle servent à vérifier constamment l'horizontalité de l'instrument, qui est, du reste, pourvu de tous les moyens de vérification requis en pareille circonstance (*).

177. Le dispositif anglais diffère peu de celui de Gambey, si ce n'est toutefois par un détail qui doit nous occuper un instant : c'est le mode de suspension. L'aiguille de M. Quetelet porte sur pointe, celles de Coulomb et de Gambey sont suspendues à des fils de cocon. Or la mobilité de l'aimant est une qualité capitale. Déjà Coulomb, après expérience, avait proscrit les chapes (**) et établi la préférence pour les fils de soie, en démontrant que la force de torsion d'un fil de soie ne peut influer que d'une manière insensible sur la direction d'une aiguille aimantée suspendue à ce fil.

Les physiciens allemands Gauss et Lamont préfèrent aussi les fils de cocon, tout en ayant égard à la correction qu'il est nécessaire d'introduire dans les résultats. Pour rendre l'erreur aussi petite que possible, le fil doit être long et fin, c'est-à-dire ne pas excéder la grosseur nécessaire pour résister au poids de l'aimant.

Au lieu des fils de cocon, quelques physiciens ont employé, pour suspendre les gros aimants, des fils métalliques (acier, argent ou cuivre), parce qu'ils ne sont pas hygrométriques comme les premiers. Mais alors la force de torsion est plus considérable, et comporte ordinairement $\frac{1}{25}$ de la force directrice de l'aimant; la torsion du fil de cocon n'en est que $\frac{1}{250}$ et peut même descendre à $\frac{1}{900}$ ou $\frac{1}{1000}$. D'ailleurs, les premiers se tordent spontanément sous l'influence des changements de température.

Plus tard, vers 1840, M. Quetelet a installé à Bruxelles un appareil de Gauss, dans lequel l'aimant était suspendu à un assemblage de fils de cocon (***). Avant de nous occuper de ce nouvel appareil, nous avons un mot à dire sur l'emploi de la lunette astronomique du théodolite.

178. En voyage on vise des mires éloignées, et l'on en détermine ensuite l'azimuth. Dans les stations fixes, voisines des observatoires, il est avantageux d'abréger cette opération et de supprimer son contingent d'erreur en

(*) *Physique du globe*, p. 129. — *Nouveaux mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XII et XIII.

(**) *Anciens mémoires des savants étrangers*, t. IX et XI. Paris.

(***) *Nouveaux mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XII.

visant directement le fil d'une lunette méridienne ou du cercle mural, comme le conseille M. Quetelet (*).

Les déterminations de la déclinaison absolue sont le résultat de quatre mesures successives : deux dans un sens, avec retournement des faces du barreau pour éliminer l'erreur de l'axe magnétique; puis deux en sens contraire, toujours avec retournement des faces. Au moyen de cette demi-révolution, l'instrument ne manquerait pas d'accuser les inductions propres à quelqu'un de ses éléments, s'il y avait lieu. (*Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XII.)

179. Les instruments que nous venons de décrire ont tous le grave inconvénient de tenir l'observateur trop rapproché des supports; par sa propre mobilité, il introduit nécessairement des causes d'erreurs difficiles ou impossibles à évaluer. En outre, bien que le vernier donne des approximations très-grandes, des moyens de division plus étendus sont indispensables pour mesurer des variations à intervalles très-rapprochés (de cinq en cinq minutes, par exemple). Ces considérations ont conduit l'illustre Gauss à la disposition nouvelle dont nous allons parler, et qui, en se répandant rapidement dans les stations bien organisées, a déjà subi de notables améliorations.

§ 2. *Instruments proposés par* Gauss.

180. Le cabinet magnétique de Göttingue a été décrit en détail par Gauss. Un artiste expérimenté et intelligent pourrait exécuter les appareils en suivant le mémoire et les dessins qui y sont annexés. L'installation sert à la fois à la mesure de la déclinaison absolue, de ses variations et de l'intensité horizontale : pour le moment, nous ne nous occupons que de la destination statique (**).

Ce qui distingue essentiellement le nouveau système, c'est le mode de lecture à l'aide d'un miroir, indiqué par Poggendorff. La salle est un rectangle

(*) *Nouveaux mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XII.

(**) *Resultate des magnetischen Vereins*, 1836. — M. Becquerel a décrit le cabinet magnétique de Göttingue dans son *Traité d'électricité et de magnétisme*, t. VII (atlas).

orienté suivant le méridien géographique du lieu, non loin de l'observatoire et éclairé par les quatre faces. La construction est exempte de fer; il n'y a de l'acier que dans les axes du chronomètre et du théodolite placés à environ 5 mètres de l'aiguille; on en apprécie l'influence et l'on en tient compte. De même, s'il existait dans le voisinage, hors de la salle, de grandes masses de fer exerçant une influence, il serait indispensable de la calculer.

Le méridien magnétique, étant tracé sur le sol, doit passer à peu près au milieu de la salle et rencontrer un soubassement solide vers une extrémité sud ou nord, où se placent une horloge et un théodolite.

Le pied de ce dernier appareil porte une règle graduée horizontale, perpendiculaire au méridien magnétique; un fil à plomb, attaché à la lunette de manière à figurer le diamètre vertical de l'objectif, est pendu vis-à-vis de la règle, et en indique le milieu situé dans le méridien magnétique. L'axe de la lunette est aussi dans ce plan; une mire, tracée sur le mur opposé, sert à vérifier s'il n'est point dérangé; la lunette n'est mobile que dans un plan vertical.

L'aimant est suspendu à un fil attaché au plafond, et porte à une extrémité en regard de la lunette un miroir dont la surface est bien perpendiculaire à son axe magnétique, et bien verticale. Ce miroir doit être à une hauteur telle que son axe partage en deux la distance verticale de la lunette et de l'échelle; le plan du miroir partage aussi en deux la distance horizontale de la lunette à la mire de vérification.

L'étrier dans lequel est fixé l'aimant se compose de deux parties, une alidade et un cercle. L'alidade est double et porte l'aimant; le cercle est attaché par son axe au fil de suspension. L'alidade est double, avec deux verniers; elle s'appuie sur le pourtour du cercle. Cette partie de l'étrier sert à mesurer les angles de torsion et à établir préalablement l'aiguille dans sa position d'équilibre naturel, sans qu'il y ait torsion : à cet effet on se sert d'un barreau de laiton substitué à l'aimant, et de même poids que ce dernier.

Enfin le siége de l'aimant est disposé de façon à recevoir l'aimant posé à plat ou de champ, pour déterminer avec une grande exactitude l'axe magnétique.

La longueur du fil de suspension est de 2 mètres; sa grosseur est fixée

pour porter jusqu'à 5000 grammes; l'aimant, qui a 600 millimètres de long, 36 de large et 10 d'épaisseur, pèse seul 1700 grammes, et 2000 avec ses accessoires. Gauss en a employé de plus forts jusqu'à 12 kilogrammes environ.

Le moment de torsion du fil pour les petites déviations est d'environ $\frac{1}{1000}$ du moment magnétique.

La cage cylindrique en laiton a 800 millimètres de diamètre et 300 de hauteur; elle est munie d'un couvercle en deux pièces avec une ouverture pour laisser passer le fil; la paroi latérale est percée d'une fenêtre vis-à-vis du miroir; on ferme cette fenêtre par un volet à glissière, quand on n'observe pas, pour que les mouvements de l'air ne se communiquent pas à l'aimant.

181. Considérons (fig. 31) l'aimant AB figuré par son axe, avec son miroir MM; la lunette OL et la règle graduée EH; le tout projeté sur un plan horizontal.

Soit OA le prolongement de l'axe de la lunette, perpendiculaire à la règle EH; AN la normale au miroir dans le prolongement de l'axe magnétique de l'aimant. Le rayon réfléchi AO correspond à un rayon incident Ax, de sorte que la division x est aperçue par l'observateur au moyen de la lunette. On aura, en appelant δ la déviation,

$$\operatorname{tang} 2\delta = \frac{Ox}{OA}.$$

Pour de très-petites valeurs de δ, on aurait $Ox = 2ON$, et $\operatorname{tg}\delta = \frac{ON}{OA}$, d'où $\delta = \frac{1}{2OA} \cdot Ox$.

Le facteur $\frac{1}{2OA}$ est la valeur d'une division transformée en axe.

Pour obtenir la lecture en minutes ou en secondes, la valeur de chaque division de l'échelle devrait être $\frac{1}{2OA \cdot \sin 1'}$ ou $\frac{1}{2OA \cdot \sin 1''}$.

Cette valeur devrait être un peu augmentée à cause de la torsion du fil.

Nous avons vu un magnétomètre de Gauss avec une échelle de papier, comme il l'a décrit du reste lui-même. Outre la difficulté de l'éclairage, l'influence de l'humidité ne peut pas être exempte d'inconvénients. On s'est servi, depuis, de règles graduées de glace, éclairées pendant le jour par un miroir ordinaire, et le soir par un réflecteur concave.

181. Le magnétomètre de Lloyd, installé à Dublin en 1838, et ensuite dans les observatoires des colonies anglaises; à Breslau, Cadix, Alger, le Caire, dans l'Amérique du Nord, etc., ne diffère pas de celui de Gauss dans ses parties essentielles.

L'aimant a 15 pouces anglais de long, $\frac{7}{8}$ de large, $\frac{1}{4}$ d'épaisseur; la suspension ne va pas jusqu'au plafond de la salle; son cercle de torsion est sur une traverse portée par deux petites colonnes s'élevant sur la boîte; le fil est protégé par un tube de verre, comme dans les appareils de Gambey.

L'échelle EH (fig. 32) est au foyer d'un objectif V fixé à l'aimant, ou collimateur. Soit AN l'axe optique de cet objectif, dont la direction doit être déterminée. La lunette OL est dans le méridien magnétique; soit x le trait de l'échelle qui correspond au fil de la lunette, on aura $\text{tang BA}x = \frac{\text{B}x}{\text{BA}}$.

A Greenwich, la lunette est sur un cercle concentrique à celui du magnétomètre; alors l'angle BAx a pour mesure l'arc CN; cet arc est décrit par la lunette pour placer son axe dans le prolongement de celui du collimateur. Alors la règle EH est supprimée; les mesures angulaires sont directes, et l'instrument a un organe de moins.

Dans plusieurs observatoires anglais on se sert de petits instruments dont la cage n'a que $3\frac{1}{2}$ pouces de long, 2 pouces de large et $1\frac{1}{2}$ pouce de haut; cette cage est calée par de petits blocs de bois échancrés, comme l'indique la figure 33; c'est dans le creux que l'aimant est logé, de sorte qu'il ne lui reste que l'espace nécessaire à ses mouvements. Une cloche recouvre le tout, et la lunette se place à une distance convenable sur un pied isolé (n° 89).

Outre leur simplicité, cet appareil et celui de Greenwich ont l'avantage d'être peu encombrants et plus portatifs.

§ 3. *Appareil de* M. Lamont.

182. Vers 1840, le docteur Lamont, directeur de l'Observatoire de Munich, entreprit un grand nombre d'expériences comparatives qui l'engagèrent à s'écarter des errements adoptés jusqu'alors, et d'apporter à l'organisation des recherches du magnétisme terrestre de précieuses simplifications. C'est à tel point que nous le croyons en possession des meilleures méthodes

d'expérimentation, offrant les plus grandes facilités, et offrant surtout l'avantage d'une grande rapidité d'opération, sans le moindre danger pour l'exactitude des résultats. A l'exception des appareils à enregistrements automatiques qui commencent à paraître, nous ne connaissons rien de plus simple, de plus achevé que les appareils du docteur LAMONT.

La figure 34 représente la forme qu'il a adoptée pour ses aiguilles : elles sont faites d'un ressort de pendule, et aimantées de façon à donner une oscillation en une seconde, ou un peu plus. Leur légèreté a pour conséquence une réduction considérable du fil de suspension, et par suite, de la résistance de la torsion. Nous avons déjà mentionné (n° 44) la préférence de M. LAMONT pour les aimants légers, à cause de la facilité avec laquelle ils atteignent une grande régularité, et le degré de trempe convenable en tous les points. La forme de la boîte importe peu, pourvu que l'espace libre ne soit pas plus grand que ne l'exigent les mouvements de l'aiguille. Aussi est-ce dans une échancrure d'un demi-pouce de large, ménagée dans une plaque de cuivre, que l'aimant est renfermé; cette sorte de mortaise est recouverte au-dessus et au-dessous par des glaces, et la plaque est munie de trois vis calantes. Le miroir est au-dessus de l'aimant, dans une boîte formée d'une seconde pièce de cuivre; la suspension est assez courte.

Une autre plaque de cuivre est fixée sur une colonne isolée de l'instrument, et construite en pierre; elle supporte au-dessus d'elle la règle divisée, et au-dessous d'elle la lunette. L'éclairage de la règle est ainsi très-facile, d'autant plus que la règle est de verre.

183. M. LAMONT a modifié le système de lecture, en supprimant la règle, et en faisant tourner la lunette autour du centre de l'aimant, qui est alors sur le théodolite, comme à Greenwich (n° 181). L'axe optique de la lunette est toujours ramené dans le prolongement de la normale au miroir, de sorte que l'image du fil de la lunette est mis en coïncidence avec le fil lui-même; l'angle de déviation est lu sur le cercle parcouru par la lunette.

Le réticule de la lunette est éclairé au moyen d'un miroir placé dans une ouverture du tube; ou mieux encore pour laisser l'intérieur à l'abri de la poussière et de l'humidité, la lumière y pénètre par un prisme à réflexion totale, qui ne laisse pas d'ouverture.

184. Pour observer à la fois les variations des trois éléments magnétiques, M. Lamont a ajusté sur une même plaque trois lunettes, avec leurs échelles et leurs miroirs; ces trois lunettes forment un faisceau divergent qui correspond à trois appareils de variations, pour la déclinaison, l'inclinaison et l'intensité. — Une quatrième lunette de repère, dirigée sur une mire éloignée, sert à vérifier si la plaque d'assise est bien restée en place.

Lorsque la disposition du local le permet, cette combinaison paraît très-utile : les premiers instruments de ce genre ont été adoptés à Munich au commencement de 1841.

Pour son usage personnel, M. Lamont a disposé les trois ou plutôt les quatre lunettes, en comptant la lunette *de sûreté* ou de repère, sur un même axe vertical solidement assis sur une colonne de pierre. Les trois appareils des variations sont assis sur trois autres colonnes, disposées en arc de cercle ayant pour centre l'axe des lunettes; l'appareil de la déclinaison est dans le méridien magnétique passant par cet axe; celui de l'intensité vers la droite, de façon à ce que l'aimant soit sous un angle de 50 à 60 degrés avec le méridien; celui de la variation d'inclinaison à gauche, de sorte que son aimant fasse un angle de 20 à 30° avec le méridien : ces données sont locales.

Les échelles sont faites de manière que chaque division correspond à peu près à une minute d'arc.

§ 4. *Loi de la déclinaison en un lieu donné.*

185. Avant de terminer ce chapitre, indiquons, avec M. Quetelet (*), comment, les observations de la déclinaison absolue étant faites à des intervalles plus ou moins réguliers, mais bien définis, on la ramène à sa valeur pour une époque quelconque.

Soit i la déclinaison observée à l'instant du maximum, (soit en 1815, $i = 22°50'$ à Bruxelles); soit ξ le temps écoulé depuis le maximum, savoir $\xi = a + x$, en désignant par a le nombre d'années écoulé depuis l'époque $\xi = 0$, jusqu'au moment où la série régulière des observations a commencé;

(*) *Physique du globe*, p. 154.

et par x le nombre d'années qu'il faut ajouter à a pour parvenir à l'époque ξ dont on veut prévoir la déviation.

Soit n le nombre total d'années nécessaires pour que l'aiguille passe de la déclinaison maxima à la déclinaison nulle.

Puisque l'on doit avoir $i_x = i$, pour $\xi = 0$, la relation générale pourra être $i_x = i \cos \xi$, et si l'on pose $\xi = 90^\circ$, on aura $i_x = 0$.

Le temps devra donc être mesuré par un angle croissant depuis 0 jusqu'à 90°, et les 90 degrés correspondront au nombre total n d'années nécessaire pour que l'aiguille passe du maximum de déclinaison à 0.

On aura ainsi la formule générale :

$$i_x = i \cdot \cos \frac{90^\circ (a + x)}{n},$$

d'où

$$\log \cos \frac{90 (a + x)}{n} = \log i_x - \log i.$$

Exemple : Les observations régulières ayant commencé en 1828, on a :

$$a = 1828 - 1815 = 13.$$
$$i = 22^\circ 50' = 1370'.$$
$$n = 125.$$

En appelant i_0 la déclinaison pour 1828,

$$\log i_0 = \log 1370' + \log \cos 90 \frac{13}{125} = 3{,}13672 + \bar{1}{,}99418 = 3{,}13090,$$

d'où

$$i_0 = 22^\circ 51'{,}5.$$

CHAPITRE II.

APPAREILS D'INCLINAISON.

—

§ 1. *Inclinaison absolue.*

186. La forme de cet instrument est décrite dans les traités de physique et n'a guère été modifiée. Un des meilleurs est celui que possède l'Observatoire de Bruxelles depuis 1828, et qui a été construit à Londres (*). M. Quetelet, ayant dû s'en procurer un autre plus petit pour les voyages, n'en fut point aussi satisfait. Ce nouvel instrument venait de la même main que celui acheté par Gauss en 1840. Les nombreux défauts que le grand physicien de Göttingue y a signalés, et pour lesquels il a institué un système complet de corrections, confirment le jugement porté par M. Quetelet (**). La difficulté de construire cet appareil dans les conditions délicates qu'il exige pour être à peu près parfait, lors même que les artistes les plus renommés y appliquent leur bonne volonté et leur talent, nous explique les efforts tentés pour obtenir par des moyens indirects la mesure de l'inclinaison, les nombreux moyens de contrôle indiqués, et enfin le détour que l'on a dû faire pour calculer les variations de cet élément.

187. « Le cercle vertical du grand instrument de Bruxelles a un peu » plus de deux décimètres de diamètre; il est divisé de 15 en 15 minutes. » Le cercle horizontal est un peu plus grand et permet de lire les azimuths » en minutes au moyen du vernier. Il est muni de deux niveaux à bulles, » pour en assurer l'horizontalité.

» On place l'instrument dans le méridien magnétique au moyen d'une » aiguille de déclinaison auxiliaire, et de deux points de repère que porte le » cercle horizontal; ces points de repère sont sur une droite parallèle au

(*) *Physique du globe*, p. 173.

(**) *Resultate des magnetischen Vereins*, 1841.

» plan que décrit l'aiguille d'inclinaison, quand elle est en expérience (*).
» Dans cette opération préalable, l'aiguille d'inclinaison est abritée des agi-
» tations de l'air par une boîte garnie d'une glace à sa partie supérieure.

» Quand l'instrument est dans le méridien magnétique, on place l'aiguille
» d'inclinaison sur deux couteaux ayant des échancrures pour recevoir les
» tourillons de l'aiguille, puis on abaisse doucement ces couteaux au moyen
» d'une vis; les échancrures sont faites de manière que l'aiguille vient se
» placer au centre du cercle vertical sur deux agates polies; les surfaces de
» ces agates sont cylindriques; de sorte que les axes, également cylindriques,
» de l'aiguille, ne reposent, de chaque côté, sur ces coussinets que par un
» seul point, le point de contact des deux cylindres qui se croisent à angle
» droit (**). »

188. M. Quetelet a noté l'inclinaison par les observations directes dans le méridien magnétique. Quatre lectures sont faites avant le retournement des pôles de l'aiguille, et quatre autres après l'inversion.

Les points à vérifier dans un tel appareil sont principalement :

1° La coïncidence du centre de gravité de l'aiguille, et de son centre de suspension;

2° La coïncidence de l'axe magnétique et de l'axe de figure;

3° La coïncidence de la verticale du lieu avec le diamètre du cercle qui passe par les divisions 90 degrés en haut et en bas;

4° Enfin la coïncidence du centre de suspension de l'aimant et du centre du cercle.

La lecture sur les deux faces de l'aiguille, avant et après le renversement de la polarité, suffirait pour suppléer aux deux premières coïncidences, qui n'existent jamais. Toutefois il est bon de remarquer l'insuffisance de ces quatre lectures, dans le cas où n'a pas lieu la troisième coïncidence; et pour y suppléer, il faut que les quatre lectures soient renouvelées en faisant faire

(*) *Resultate des magnetischen Vereins*, 1841. Gauss considère aussi l'aiguille auxiliaire comme le moyen le plus rapide et le plus sûr de placer l'instrument dans le méridien magnétique, pp. 15 et 16.

(**) *Nouveaux mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XII, pp. 15 et 16, 1839.

au cercle vertical une demi-révolution, et en ayant soin de vérifier chaque fois l'horizontalité.

La quatrième coïncidence se vérifie par la lecture simultanée de l'angle supérieur et de l'angle inférieur; si ces deux angles ne sont point égaux, l'un est trop grand et l'autre trop petit : il faut en prendre la moyenne.

Or la différence de ces angles opposés peut avoir diverses causes :

1° La mauvaise graduation du limbe, les divisions ne correspondant pas diamétralement;

2° La position trop haute ou trop basse du plan tangent aux coussinets d'agate;

3° Le roulement de l'axe sur les coussinets pendant les oscillations que l'aiguille décrit avant de prendre sa position d'équilibre; ce roulement a quelquefois pour effet d'incliner l'axe sur le plan du limbe, ou de l'excentrer;

4° L'axe de rotation de l'aiguille et l'axe de figure peuvent ne point se rencontrer.

Les deux premiers défauts ont le même résultat. Le premier se vérifie par la lecture des deux angles opposés dans les différents azimuths. Lorsque les coussinets sont plus haut que le centre du cercle vertical, l'angle supérieur est trop grand, et l'angle inférieur trop petit; c'est l'inverse si les coussinets sont plus bas. Dans l'un et l'autre cas, on obtient le même résultat en retournant l'aiguille sur ses tourillons.

Cette constance des résultats ne s'observe pas, par suite du changement de position qu'occasionne le roulement de l'axe. Pour atténuer cette cause d'erreur, M. Quetelet indique un tour de main qui consiste à amortir les oscillations de l'aiguille, en rapprochant doucement les couteaux de l'axe, jusqu'à ce qu'il s'établisse un léger frottement de celui-ci dans l'échancrure. Le trop grand diamètre de l'axe est une circonstance défavorable que le constructeur doit éviter.

Les erreurs de parallaxe peuvent être très-sensibles, et l'observateur doit mettre tous ses soins à lire très-exactement les indications angulaires, en se plaçant bien en face de l'aiguille. Peut-être une ouverture ménagée à chaque extrémité, rendrait-elle cette erreur moins indépendante du personnel.

On contrôle le parallélisme du limbe vertical et du méridien magnétique par des lectures d'inclinaison dans un azimuth constant après chaque observation dans le plan présumé être le méridien.

189. C'est le lieu de faire remarquer ici ce qui a été dit au sujet du renversement des pôles, et des différences de moment qui en sont la conséquence (n° 38). Lorsqu'une aiguille est entièrement libre, elle obéit à la force directrice de la terre, quel que soit son moment magnétique; mais dès qu'un obstacle tend à la dévier de la direction de la force terrestre, sa position dépend alors du moment magnétique. Or c'est ce qui a lieu par suite de l'excentricité du centre de gravité, de la déviation du limbe, ou de l'axe de suspension. C'est pourquoi M. Quetelet indique les précautions indispensables, quand l'aiguille dont on se sert est nouvelle, et qu'elle n'a pas encore été souvent soumise à l'inversion de polarité. L'on devrait alors faire osciller horizontalement l'aiguille, avant de la remettre en expérience pour s'assurer que son moment est resté le même. L'emploi d'aimants inducteurs trop faibles pour renverser la polarité aurait l'inconvénient que nous avons déjà signalé (n° 19) d'après un opérateur éminent, M. Lamont, et sur lesquels nous n'insisterons pas davantage (*).

§ 2. *Inclinateur à oscillations.*

190. On cite comme nouveau un inclinateur à oscillations de Sartorius de Waltershausen; nous n'avons pu nous procurer de renseignements sur cet appareil qui donne l'inclinaison par le procédé que nous avons indiqué théoriquement (n° 66). On a déjà du reste appliqué la méthode des oscillations à la recherche de l'inclinaison. Elle consiste à faire osciller l'aimant dans la direction de la force totale, et ensuite dans la direction de la composante verticale; puis à déduire l'angle cherché du rapport de la force totale à la composante verticale. Il nous semble que ce procédé est compatible avec un appareil plus simple que celui de Sartorius; mais dans tous les cas, l'excentricité du centre de gravité oblige à compter les oscillations

(*) Tous ces détails sont indiqués avec précision dans le mémoire de M. Quetelet, 1839, et rappelés dans celui de Gauss, 1841.

avec les deux polarités inverses, et s'il faut tenir compte de toutes les autres résistances qui peuvent influer sur la force directrice, cette méthode ne paraît pas préférable aux observations directes indiquées dans le numéro précédent, et adoptées généralement par les bons observateurs.

M. Lamont, après bien des recherches attentives, a fini par rejeter l'inclinateur à oscillations.

§ 3. *Analyse de l'inclinateur ; théorie de* Gauss.

191. L'ajustement de l'inclinateur doit satisfaire à six conditions : les deux plans d'agate (**), sur les bords desquels doivent reposer les tourillons de l'aiguille pendant les observations, sont réglés à l'aide de deux vis de rappel, de façon :

1° Que leurs bords supérieurs soient dans un même plan;

2° Que ce plan soit normal à celui du cercle vertical;

3° Qu'il soit à une distance du centre de ce cercle, égale au rayon des tourillons de l'axe de l'aimant;

4° Que l'intersection des deux plans mentionnés soit perpendiculaire à l'axe vertical de l'instrument.

Les couteaux ou crapaudines mobiles au moyen desquels on relève et l'on abaisse l'aiguille, doivent être disposés de façon :

5° Que l'axe de rotation de l'aiguille soit perpendiculaire à l'intersection des deux plans, et au plan du cercle vertical;

6° Que cet axe coupe le diamètre vertical de ce cercle.

La vérification de la première condition se fait à l'aide d'un plan de glace polie; celle de la seconde et de la quatrième, à l'aide du niveau à bulle.

La cinquième en amenant l'aiguille dans une position presque horizontale par un contre-poids, et faisant faire au plan vertical une demi-révolution : les pointes de l'aiguille doivent toujours rester à la même distance du bord du limbe.

(*) Extrait des « *Resultate des magnetischen Vereins.* »

(**) La forme cylindrique des supports d'agate nous paraît meilleure. (Voir n° 187.)

La seconde peut encore se vérifier de même par des positions presque verticales de l'aiguille, soit à l'aide de contre-poids, soit en renversant la polarité.

Dans ces expériences la vérification des niveaux est indispensable.

La troisième et la sixième condition seront également satisfaites, si l'écart entre le bord intérieur du limbe et la pointe de l'aiguille, tant dans l'équilibre horizontal que dans l'équilibre vertical, reste constant dans deux azimuths rectangulaires entre eux.

Ajoutons que la première condition pourrait et devrait être exactement et invariablement satisfaite par la construction de l'appareil.

Le plan du limbe pourrait ne pas être vertical, et par conséquent le plan horizontal des supports d'agate ne lui serait pas perpendiculaire; la vérification est difficile, mais possible à l'aide d'une lunette bien dressée : d'ailleurs un écart angulaire de 10 minutes ne donne pas une seconde d'erreur sur l'inclinaison.

Une partie des défauts produit une erreur dont la valeur est du second ordre par rapport à la vraie position de l'aiguille; les défauts relatifs aux conditions 3-4-6 s'éliminent par la combinaison des observations. Ils ont donc en définitive le moins d'importance.

192. L'instrument que Gauss avait reçu de Londres était muni de quatre aiguilles. Or quelques observateurs ont trouvé des écarts considérables entre les résultats fournis par plusieurs aimants, bien même que les résultats des diverses combinaisons de chaque aimant fussent concordantes : le capitaine Ross a trouvé avec huit aiguilles des différences qui allaient jusqu'à 41 minutes! M. Lamont en a trouvé de 15′ (*).

La marche habituelle des observations peut donner seize chiffres avec le renversement des pôles, savoir : quatre observations dans le méridien, et quatre perpendiculairement au méridien pour chaque polarité.

Gauss distribua ainsi l'emploi des quatre aiguilles. Chaque jour il observa avec deux aiguilles, sans intervertir les pôles entre les observations; l'inversion n'eut lieu qu'entre deux observations successives, et alternativement sur une seule aiguille.

(*) Ces différences ne peuvent venir que de la difficulté mécanique d'exécuter de bons tourillons sur un même axe si fin.

De cette manière les observations de quatre jours comprennent toutes les combinaisons de la polarité de deux aiguilles. En continuant pendant huit jours, il eut deux fois chaque combinaison de pôles. Les observations de chaque jour furent faites autant que possible en même temps sur deux aiguilles. Pour cela l'on commença par les quatre combinaisons de la première; puis on fit huit combinaisons de la seconde, et enfin quatre combinaisons de la première dans l'ordre inverse.

Les observations d'un jour ne déterminent pas encore la vraie inclinaison; mais celles du second jour avec l'aiguille qui n'a pas été intervertie, donnent l'inégalité de l'inclinaison d'un jour à l'autre; cela permet de réduire à une même époque toutes les observations de la seconde.

193. Prenons un exemple des résultats obtenus de cette façon, et désignons par A et B les extrémités de l'aiguille. Le cercle vertical, étant orienté dans le méridien magnétique, marque 90°5′ sur le cercle horizontal.

Pointe B *en bas.*

CERCLE azimuth.	DÉSIGNATION DE LA FACE			
	antérieure.		postérieure.	
	Angle inférieur.	Angle supérieur.	Angle inférieur.	Angle supérieur.
90°5′	67°27′54″	67°29′36″	67°45′39″	67°44′51″
180 5	89 52 39	89 52 51	92 12 30	90 10 30
270 5	112 18 39	112 16 45	112 38 51	112 33 54
0 5	89 58 33	89 57 48	90 13 27	90 10 54
Pointe A *en bas.*				
90°5′	68° 2′51″	68° 2′33″	67°35′15″	67°37′ 0″
180 5	90 14 48	90 12 21	89 51 12	89 51 36
270 5	112 27 21	112 22 33	112 7 6	112 5 33
0 5	90 16 15	90 14 0	89 53 54	89 54 18

La durée de l'oscillation horizontale était avant les observations 5″,83555.
» » » après » 5″,87416.

194. Arrêtons-nous d'abord aux différences de lecture en haut et en bas, qui dépendent de ce que l'axe des tourillons est excentrique au cercle, et ne coupe pas l'axe des pointes de l'aiguille.

Prenons pour origine des coordonnées le centre du cercle divisé; l'axe des x suivant le diamètre qui passe par les deux points zéro, et celui des y suivant le diamètre des deux points 90°. Les coordonnées positives seront dans le quadrant supérieur de droite. Soit $180° - z$ l'angle compris par les deux plans passant par l'axe des deux tourillons et les deux pointes A et B.

Enfin désignons par l la moyenne des deux lectures; la différence des deux lectures sera exprimée par

$$2x \sin l + 2y \cos l \pm z.$$

Le signe $\pm$ dépend du placement des faces de l'aiguille.

Les observations que nous avons notées nous donnent seize équations; et en déterminant x, y, z par la méthode des moindres carrés, on a :

$$x = -38'',3; \quad y = +155,2; \quad z = +75,4.$$

Si l'on compare ensuite les différences observées aux différences calculées, on trouve que l'erreur moyenne de cinq lectures est de $24''7$, et celle d'une lecture simple $39''$.

Ce résultat satisfaisant est, non-seulement confirmé par l'étude des chiffres obtenus les jours suivants, mais même dépassé; le savant expérimentateur fait remarquer du reste l'utilité de ne relever l'aiguille que dans l'état de repos, pour éviter le roulement de l'axe pendant les oscillations, ce qui donne à x une valeur variable. A ce sujet nous nous référons à ce qui a déjà été dit (n° 187).

Toutefois les valeurs de x et de y obtenues ici avec une grande exactitude, ne nous apprennent pas encore s'il faut, et de combien il faut déplacer les paliers des tourillons pour satisfaire aux conditions 3 et 6 (n° 191); ces conditions, en effet, se rapportent l'une au centre de la circonférence intérieure du limbe, et l'autre au centre de la circonférence des divisions; ces deux centres peuvent ne pas se confondre, comme cela se voit assez souvent.

Quant à la valeur de z, elle est constante pour chaque aiguille; elle n'a d'autre intérêt pratique que de servir en quelque sorte de mesure à l'habileté et au soin du constructeur.

La moyenne des lectures des deux pointes n'est autre chose que l'inclinaison de la droite qui joint ces pointes, ou l'angle d'une parallèle à cette droite, avec le diamètre qui passe par les points zéro du cercle.

Si l'axe des tourillons est toujours dans un plan horizontal, quelle que soit la position des faces, l'inclinaison de cette droite sera toujours la même par rapport au diamètre des points zéro. Soit L cette inclinaison; α l'erreur du point 0, relativement au diamètre horizontal, nous aurons dans une position :

$$L = l - \alpha,$$

et dans l'autre

$$L = 180 - (l' - \alpha),$$

d'où

$$l - \alpha = 180 - (l' - \alpha),$$

et par suite

$$\alpha = \frac{1}{2}(l + l' - 180^{\circ}),$$

et

$$L = \frac{1}{2}(l + 180 - l').$$

Le procédé que nous avons indiqué (n° 218) donne huit valeurs de α, desquelles on déduit l'erreur moyenne égale à $90'',4$. Ainsi le défaut dont il s'agit est plus grave que les fautes de lecture.

195. Supposons maintenant que le plan des paliers d'agate ne soit pas perpendiculaire à l'axe vertical de l'instrument; s'il est incliné dans le sens de l'axe des tourillons de l'aiguille, ce défaut n'a pas beaucoup d'influence sur la position d'équilibre de l'aiguille; mais s'il est incliné en restant perpendiculaire au cercle vertical, on comprend que la rotation de ce cercle met le plan des paliers dans des positions différentes par rapport à l'horizon.

Soit p le poids de l'aiguille; ρ le rayon du tourillon; γ l'inclinaison du palier par rapport à l'horizon, positive ou négative suivant la position du cercle vertical sur le cercle azimuthal;

$L + \beta$ l'inclinaison réelle de la droite menée par les pointes dans la situa-

tion actuelle des paliers; $L - \beta$ dans la situation opposée; enfin δ la force directrice qui tend à ramener l'aiguille dans le sens de la force terrestre; nous aurons :

$$\delta \sin \beta = p\rho \sin \gamma;$$
$$L + \beta = l - \alpha;$$
$$L - \beta = 180 - (l' - \alpha);$$

Par suite

$$L = \frac{1}{2}(l + 180 - l');$$

$$\alpha + \beta = \frac{1}{2}(l + l') - 90^\circ.$$

196. Si les paliers d'agate ne sont pas exactement parallèles, on pourra prendre pour γ la moyenne de leurs directions, pourvu que le centre de gravité de l'aiguille soit à égale distance des points d'appui des tourillons. A la rigueur la droite qui joint ces points de contact n'a pas le même azimuth dans les deux positions opposées du cercle; mais cette différence ne se manifeste pas par les conditions d'équilibre de l'aiguille, dans les conditions les plus mauvaises; c'est surtout lorsque le plan du cercle vertical est normal au méridien magnétique que le défaut est insensible.

197. En cherchant la composante horizontale de l'intensité avant et après l'inversion des pôles, et par suite les intensités totales et verticales, ces quatre derniers nombres peuvent être regardés comme les valeurs de δ dans le méridien magnétique, et dans le plan normal : on ne néglige ainsi que l'influence légère de l'excentricité du centre de gravité.

Les angles β et γ peuvent être pris à la place de leurs sinus, et l'on aura

$$\beta = \frac{p\rho}{\delta}\gamma;$$

savoir :

$\beta = 1{,}1882\gamma$ dans le méridien magnétique avant l'inversion polaire,

$\beta = 1{,}2059\gamma$ dans le méridien magnétique après l'inversion polaire,

$\beta = 1{,}2844\gamma$ dans le plan normal avant l'inversion polaire,

$\beta = 1{,}3014\gamma$ dans le plan normal après l'inversion polaire.

Pour évaluer l'inclinaison magnétique, les relations que nous avons éta-

blies entre les chiffres des observations particulières n'ont pas grande importance; mais elles en ont une pour l'appréciation et la consolidation des résultats. Car, dit Gauss : « La confiance dans l'ensemble des résultats ne » peut naître que de la concordance bien évidemment démontrée de leurs » détails. »

198. Il suit de ce qui précède que les résultats des observations sont réduits aux huit valeurs de L, que nous avons définies comme étant les inclinaisons de la droite qui joint les pointes de l'aiguille, sur le rayon horizontal du cercle, dans l'état d'équilibre; on suppose les tourillons posés sur un plan horizontal, ou, ce qui revient au même au point de vue statique, on suppose que l'aiguille ne tourne qu'autour de l'axe des tourillons.

En d'autres termes enfin, on suppose la valeur de L corrigée de toutes les erreurs provenant de l'écart des points zéro à l'horizon, et de l'inclinaison du plan des paliers d'agate.

199. Cherchons maintenant la relation entre L et les éléments dont cet angle dépend. Pour cela désignons par

V l'azimuth du cercle pour l'observation;

V_0 l'azimuth du cercle placé dans le méridien (la face divisée étant dirigée à l'est);

i l'inclinaison;

m le produit du moment magnétique de l'aiguille par l'intensité totale (la pesanteur prise comme unité de force accélératrice) (n° 49);

q le moment du poids de l'aiguille par rapport à l'axe des tourillons;

c l'angle de l'axe de figure ou des pointes avec l'axe magnétique de l'aiguille;

Q l'angle formé par l'axe de figure, et la perpendiculaire abaissée du centre de gravité sur l'axe des tourillons;

(Ces deux derniers angles étant positifs à droite de l'axe de figure.)

Enfin ∂ la force directrice.

La composante verticale de la force terrestre a pour moment :

$$m \sin i \cos (\mathrm{L} + c);$$

et la composante horizontale :

$$-m\cos i\cos(V-V_0)\sin(L+c);$$

le moment de la pesanteur est

$$q\cos(L+Q).$$

Dans la position d'équilibre donnée par L, la somme de ces trois moments est nulle, de sorte que

$$\frac{q}{m}\cos(L+Q)=-\sin i\cos(L+c)+\cos i\cos(V-V_0)\sin(L+c).$$

Pour une déviation z, le moment de rotation correspondra à une valeur $L+z$ substituée à L dans l'équation ci-dessus. Cette expression développée contiendra des termes affectés de cos z qui disparaissent en vertu de cette équation d'équilibre; il restera une somme de termes égale à $-\vartheta\sin z$, savoir :

$$\vartheta=m\sin i\sin(L+c)+m\cos i\cos(V-V_0)\cos(L+c)+q\sin(L+Q).$$

Posons : $V-V_0=0$; $V-V_0=180^\circ$; $V-V_0=90^\circ$ et $V-V_0=270^\circ$;

et déterminons les valeurs correspondantes de L, avant l'inversion des pôles :

$$L=f;\qquad L=180-g;\qquad L=h,$$

et après l'inversion des pôles :

$$L=f';\qquad L=180-g';\qquad L=h'.$$

Dans ce dernier cas il y a un changement dans les valeurs de c et de m; soient c' et m' ces nouvelles valeurs. La valeur de Q augmente de 180° par la même cause.

Les deux équations générales se modifient et donnent les six suivantes :

$$\sin(f+c-i)=\frac{q}{m}\cos(f+Q)\quad\ldots\ldots\quad(1)$$

$$\sin(g-c-i)=\frac{q}{m'}\cos(g-Q)\quad\ldots\ldots\quad(2)$$

$$\sin i\cos(h+c)=-\frac{q}{m}\cos(h+Q)\quad\ldots\ldots\quad(3)$$

$$\sin(f' + c' - i) = -\frac{q}{m'}\cos(f' + \mathrm{Q}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

$$\sin(g' - c' - i) = -\frac{q}{m'}\cos(g' - \mathrm{Q}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

$$\sin i \cos(h' + c') = \frac{q}{m'}\cos(h' + \mathrm{Q}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

200. Ces six équations donneraient les six valeurs de c, c', $\frac{q}{m}$, $\frac{q}{m'}$, Q et i. Cette résolution n'aurait aucune utilité pour notre but; la difficulté d'effectuer avec une exactitude suffisante toutes les mesures qu'elle comporte, en rendrait les résultats illusoires. Gauss a démontré facilement qu'une erreur d'une ou deux minutes sur les nombres h et h' a sur les valeurs de c et c' une influence considérable. Or l'incertitude de c et c' donnerait lieu à des valeurs de i, $\frac{q}{m}$, $\frac{q}{m'}$, peu concordantes, entre les deux systèmes (1 . 2 . 3) et (4 . 5 . 6).

Les valeurs de $\frac{q}{m}$ et $\frac{q}{m'}$ doivent toujours être positives; ainsi toute valeur de Q donnant lieu à des valeurs des signes contraires pour $\frac{q}{m}$ et $\frac{q}{m'}$ devra être rejetée; il en serait de même si $\frac{q}{m}$ et $\frac{q}{m'}$ étaient tous deux négatifs. Évidemment alors les valeurs correspondantes de i ne pourraient être admises. Il pourrait donc arriver que les erreurs d'observation rendissent les six équations (1 à 6) complétement inapplicables.

Les valeurs de $\frac{q}{m}$ et $\frac{q}{m'}$ sont liées entre elles par une relation qui résulte de l'observation des oscillations avant et après l'inversion des pôles de l'aiguille; on a $m' = m\frac{\mathrm{T}^2}{\mathrm{T}'^2}$, T et T′ étant les durées des oscillations. C'est là une nouvelle donnée qui diminuerait la complication des six équations; on pourrait encore, à l'aide de l'appareil qui sert à observer les oscillations, ou plutôt d'un appareil construit exprès, déterminer directement les valeurs c et c' par le retournement des faces de l'aiguille. On se passerait ainsi des mesures prises dans le plan perpendiculaire au méridien magnétique.

Enfin, suivant l'usage adopté par tous les expérimentateurs, on pourrait supposer $c = c'$. En procédant à l'aimantation de l'aiguille avec le plus grand soin, avec les mêmes aimants inducteurs, etc., on a cru que cette supposition ne devait guère s'écarter de la vérité; mais cela n'est rien moins que certain, d'après les expériences de M. Quetelet que nous avons citées; Gauss dit

avoir vu lui-même, qu'en dépit de toutes les précautions, des inégalités sensibles se manifestent par les résultats; les données d'autres observateurs contiennent souvent aussi des traces de cette erreur.

201. Les équations (1) et (2), et les équations (4) et (5) dans lesquelles on remplace c' par c et $\frac{q}{m'}$ par $\theta\frac{q}{m}$ (*), permettent d'éliminer i; on détermine alors c par l'équation :

$$\theta \sin(f'+g')\sin(2c+f-g) = \sin(f+g)\sin(2c+f'-g'),$$

à laquelle il est préférable de substituer la forme suivante :

$$\operatorname{tang}\left(2c-\frac{1}{2}(g+g'-f-f')\right) = \frac{\sin(f+g)+\theta\sin(f'+g')}{\sin(f+g)-\theta\sin(f'+g')}\operatorname{tang}(f-g-f'+g').$$

Lorsqu'on aura déterminé c, les équations (1) et (2) donneront :

$$\operatorname{cotang}(Q-c) = \frac{\sin(f+g)}{\sin(2c+f-g)}\operatorname{tang} i - \frac{2\sin(f+c)\sin(g-c)}{\sin(2c+f-g)}.$$

On aura aussi par (4) et (5) :

$$\operatorname{cotang}(Q-c) = \frac{\sin(f'+g')}{\sin(2c+f'-g')}\operatorname{tang} i - \frac{2\sin(f'+c)\sin(g'-c)}{\sin(2c+f'-g')}.$$

Après avoir trouvé i et Q par ces deux équations, il ne restera plus que $\frac{q}{m}$ que l'on calculera par les équations (1), (2), (4), (5) ou l'une de leurs combinaisons.

202. S'il n'était pas possible d'avoir la valeur de θ par expérience, il faudrait ajouter à la supposition précédente $c = c'$, celle-ci : $c = c' = o$; alors :

$$\operatorname{tang} i = \frac{\cot g' - \cot f' - \cot g + \cot f}{\cot g'\cot f - \cot f'\cot g}.$$

On se sert de cette formule pour un usage particulier indiqué par Mayer.

(*) Dans une des expériences de Gauss, $\theta = 1.0115$, c'est-à-dire que la perte de moment magnétique par inversion est moindre que 0.02.

En surchargeant l'aiguille d'un léger contre-poids, la position de l'aiguille correspond à des divisions du limbe différentes de celles que l'on observe sans contre-poids. Si les résultats sont concordants, on est à peu près certain que le cuivre du cercle est exempt de mélange magnétique; mais un contre-poids un peu trop lourd donnerait aux erreurs de lectures une influence considérable, ainsi que la suppression des valeurs de c et c'.

203. Pour suppléer à θ, on pourrait encore poser $m = m'$ et $c = c'$. Cette supposition équivaut à $\theta = 1$, et la formule pour la valeur de c devient :

$$\operatorname{tg}\left(2c - \frac{1}{2}(g + g' - f - f')\right) = \frac{\operatorname{tg}\frac{1}{2}(f + g - f' - g') \cdot \operatorname{tg}\frac{1}{2}(f - g - f' + g')}{\operatorname{tg}\frac{1}{2}(f + g + f' + g')}.$$

204. Dans un instrument bien construit, la distance du centre de gravité de l'aiguille à l'axe des tourillons est toujours petite. Et si les rapports $\frac{q}{m}$ et $\frac{q}{m'}$ valent moins que 0,03, on peut, dans les équations (1), (2), (4), (5), remplacer les sinus des premiers membres par les angles, car la différence n'atteint pas une seconde; d'ailleurs, pour le faible degré d'exactitude des observations avec l'appareil d'inclinaison, on pourrait même substituer les arcs aux sinus pour des valeurs plus grandes de $\frac{q}{m}$ et $\frac{q}{m'}$. Or, pour les quatre aimants de Gauss, ces valeurs étaient comprises dans des limites encore plus étroites.

205. Posons pour abréger :

$$t = \frac{\lambda q \cos Q}{m} \quad \text{et} \quad u = \frac{\lambda q \sin Q}{m},$$

où

$$\lambda = \frac{180^\circ}{\pi} = 206265''.$$

Nous aurons, au lieu des équations (1), (2), (4), (5), les suivantes :

$$\begin{aligned}
i &= f + c - t\cos f + u\sin f,\\
i &= g - c - t\cos g - u\sin g,\\
i &= f' + c + \theta t\cos f' + \theta u\sin f',\\
i &= g' - c + \theta t\cos g' + \theta u\sin g'.
\end{aligned}$$

Ou bien, après substitution des valeurs de f, g, f', g' :

$$\begin{aligned}
i &= 67^\circ\,26'\,11'' + c - 0{,}5857t + 0{,}9254u,\\
i &= 67\;\;45\;\;56\;\; - c - 0{,}5790t - 0{,}9254u,\\
i &= 67\;\;58\;\;11\;\; + c' + 0{,}5801t - 0{,}9595u,\\
i &= 67\;\;55\;\;55\;\; - c' + 8{,}5862t + 0{,}9568u.
\end{aligned}$$

Ce qui donne :

$$\begin{aligned}
i &= 67^\circ 41'54'' - 0{,}0006\,(c' - c),\\
t &= -\;\;954'' + 0{,}0002\,(c' - c),\\
u &= +\;\;648'' + 0{,}5369\,(c' - c),\\
\tfrac{1}{2}(c' + c) &= -\;\;\;75'' + 0{,}0057\,(c' - c).
\end{aligned}$$

La supposition de $c = c'$ aurait une trop grande influence sur la valeur de u pour être admissible ; les valeurs de i et t, et même la valeur moyenne $\frac{1}{2}(c + c')$, en seraient fort peu affectées. Des quatre valeurs de i, on tire la moyenne

$$i = 67^\circ 40'56'' + 0{,}0009t - 0{,}0011u.$$

Le premier terme n'est autre chose que la moyenne simple des quatre valeurs f, g, f', g' : et l'on voit que cette valeur est admissible, pourvu que les valeurs de f, g, f', g' n'offrent pas de trop grands écarts.

206. Cette conclusion suffit, pensons-nous; les recherches délicates exposées par l'habile géomètre de Göttingue établissent nettement la préférence à accorder aux observations faites dans le méridien sur celles faites dans le plan perpendiculaire, et, par conséquent, la marche suivie par M. Quetelet doit être considérée comme donnant les résultats les plus dignes de confiance (n° 188). Ainsi que l'a déjà dit le savant directeur de l'Observatoire belge, c'est à la lecture qu'il faut donner les soins les plus minutieux, puisque les erreurs d'observation sont celles qui ont la plus fâcheuse influence sur le résultat des combinaisons.

Pour finir sur cet objet particulier, nous citerons encore l'opinion de M. Lamont : « Pour mesurer l'inclinaison absolue, l'inclinateur est le seul » instrument en usage; ses imperfections empêchent d'apporter dans les » déterminations toute la précision à laquelle on parvient dans les mesures

» horizontales..... Je trouve préférable, à cause de toutes les imperfections » qui viennent d'être signalées, de suivre la méthode la plus simple, et » d'éviter aussi bien des manipulations compliquées, que de longs calculs, » peu en rapport avec les fruits que l'on en tire, quelque peine que l'on » s'impose (*). »

207. Nous indiquerons encore une méthode assez simple qui dispense de recourir à la connaissance du méridien magnétique. Elle consiste à prendre les diverses inclinaisons dans un certain nombre d'azimuths également distants.

Soient $a_0, a_1, a_2 \ldots\ldots a_{n-1}$, les n azimuths,

$i_0, i_1, i_2 \ldots\ldots i_{n-1}$, les inclinaisons notées.

On a $$\operatorname{tang} i = \operatorname{tang} i_0 \cos a_0 = \operatorname{tang} i_1 \cos a_1 \ldots = \operatorname{tang} i_{n-1} \cos i_{n-1},$$

i étant inclinaison relative au méridien magnétique.

Posons

$$a_0 = a \ldots\ldots\ldots\ldots \cot i_0 = \cot i \cos a,$$

$$a_1 = a + \frac{360}{n} \ldots\ldots\ldots \cot i_1 = \cot i \cos\left(a + \frac{360}{n}\right),$$

$$a_2 = a + 2\frac{360}{n}, \text{ etc., } \ldots\ldots \cot i_2 = \cot i \cos\left(a + 2\frac{360}{n}\right), \text{ etc.}$$

Nous aurons, en élevant au carré et ajoutant

$$\begin{aligned}&(\cot^2 i_0 + \cot^2 i_1 + \cot^2 i_2 + \ldots\ldots \cot^2 i_{n-1})\\ &= \cot^2 i \left\{ \cos^2 a + \cos^2\left(a + \frac{360}{n}\right) + \ldots\ldots + \cos^2\left(a + (n-1)\frac{360}{n}\right) \right\}.\end{aligned}$$

La somme entre $\{\ \ \} = \frac{n}{2}$, donc :

$$\cot^2 i = \frac{2}{n}(\cot^2 i_0 + \cot^2 i_1 + \cot^2 i_2 + \ldots\ldots + \cot^2 i_{n-1}).$$

Cette méthode pourrait être appliquée comme contrôle à certains intervalles.

(*) *Handbuch des Erdmagnetismus*, p. 247.

§ 4. *Variations de l'inclinaison.*

208. Kupffer et Kreil ont tous deux employé l'indicateur ordinaire pour noter les variations de l'inclinaison; les principes de la construction étant les mêmes que pour l'instrument destiné à observer l'inclinaison absolue, on l'avait seulement agrandi pour y adapter une aiguille très-longue dont les mouvements étaient maintenus dans des limites étroites. L'appareil de Kupffer reposait sur des couteaux triangulaires, celui de Kreil sur des pointes. A cette occasion, Kreil a fait des recherches très-curieuses sur la meilleure forme à donner à l'axe de rotation de l'aiguille (*). Quoi qu'il en soit, ne fût-ce que par le mode de lecture, l'inclinateur est un instrument dont il est difficile de tirer un parti avantageux; et, comme les erreurs de lecture ont une grande influence sur les déterminations, il ne peut être que suspect dans les mesures délicates, comme celles qui concernent les variations. Aussi la méthode de recherche que nous allons indiquer est-elle répandue aujourd'hui plus que celle-là.

209. Lloyd a proposé de déterminer la variation de l'inclinaison en observant la déviation de l'aiguille de déclinaison, produite par le magnétisme induit de la terre dans une barre de fer doux.

Nous avons traité ce cas pour les aimants simples (n° 67), mais l'on ne pourrait utiliser l'équation que nous avons trouvée alors, pour deux raisons. D'abord, les barres de fer doux conservent une certaine quantité de magnétisme permanent, qui a sa part d'influence sur la déviation, et dont nous n'avons pas tenu compte. Ensuite, il n'est pas exact d'admettre que le moment du magnétisme induit varie proportionnellement à la force inductrice; l'expérience nous apprend, au contraire, que le fer oppose certaine résistance à l'induction.

Lloyd a employé le retournement pour connaître, par différence d'effet, la mesure du magnétisme permanent. La barre de fer doux était ajustée sur un axe situé dans le plan horizontal de l'aiguille mobile, et perpendiculaire

(*) *Repertorium der Physik*, t. VII.

au méridien magnétique; la rotation de 180° donnait lieu à un magnétisme induit opposé au premier, tandis que le magnétisme permanent restait invariable et pouvait être séparé.

Quant à la seconde cause d'erreur, Lloyd ne l'a pas examinée. Il est évident que, dans le cas qui nous occupe, les positions d'équilibre de l'aiguille mobile dépendant de l'intensité, les formules doivent contenir les corrections relatives à la température. Ainsi soient toujours X et Y les composantes horizontale et verticale de la force terrestre; M le moment du magnétisme induit, et m le moment du magnétisme permanent du fer doux; φ la déviation observée de l'aiguille horizontale, et i l'inclinaison cherchée; t la température et α le coefficient du moment magnétique induit relatif à la température. On aura :

$$X \sin \varphi = (MY + m)(1 + \alpha t).$$

Et si l'on suppose constant le rapport $\frac{m}{MY}$, la variation de i rapportée à celle de φ sera :

$$di = \frac{d\varphi}{\operatorname{tg} \varphi} \left(\frac{1}{2} \sin 2i + \frac{m}{MX} \cos^2 i \right) + \frac{1}{2} \alpha t \sin 2i.$$

Ordinairement on fixe le barreau de fer doux à un axe de bois, de sorte que sa distance à l'aiguille ne varie pas avec la température; on est ainsi dispensé d'une seconde correction relative à la dilatation du support; autrement, au lieu de α, il faudrait mettre $\alpha - 3\beta$ dans cette formule. Le retournement du barreau de fer donne une seconde formule analogue, et l'on élimine la constante m.

210. Lloyd avait d'abord placé le barreau de fer doux vertical, dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique et passant par le milieu de l'aiguille. M. Lamont a modifié cette disposition; il a employé deux barreaux de fer doux, placés verticalement dans un plan perpendiculaire à la longueur de l'aiguille mobile, et symétriquement; ces deux appareils d'induction agissent dans le même sens avec plus de force, de sorte que de faibles variations dans la suspension peuvent être considérées comme sans influence.

211. Pour avoir égard au défaut de proportionnalité du magnétisme induit et de la force inductrice, M. Lamont se sert d'un aimant auxiliaire,

pouvant tourner sur un axe horizontal, et se placer dans un plan normal à la direction de l'aiguille libre.

Soit A (fig. 35) la projection de celle-ci sur le plan vertical perpendiculaire à son axe, soient NS et N'S' les deux barreaux de fer doux, possédant le magnétisme d'induction dû à la terre; *ab* un petit aimant supplémentaire ajusté sur l'axe *c*, de manière à ce qu'il puisse prendre la position horizontale *a'b'*.

Désignons par dm le magnétisme élémentaire de l'aimant *ab* (*);

Par dm' le magnétisme élémentaire de l'aiguille mobile A;

Par $d\mu$ et $d\mu'$ les magnétismes élémentaires respectifs des barreaux de fer doux, le premier à l'est, le second à l'ouest;

Par φ l'angle de déviation de l'aiguille libre (positif vers l'ouest);

Par x, x', ξ, ξ' les distances respectives des points magnétiques considérés aux centres neutres;

Par k la distance commune des deux barreaux de fer doux à l'aiguille;

Par h la distance commune de leurs milieux au plan horizontal de l'aiguille, le barreau Est au-dessus, le barreau Ouest au-dessous.

L'action terrestre agit sur l'aiguille en vertu d'un moment M'X.

Les deux barreaux agissent sur cette aiguille en vertu d'un moment

$$M'P + M'pdY,$$

en désignant par P le magnétisme induit par l'intensité verticale et le magnétisme permanent; par pdY l'accroissement qui correspond à l'accroissement d'intensité terrestre.

Si le pôle austral du barreau *ab* est incliné de l'angle ψ vers l'ouest de la verticale, il produit un moment de rotation

$$\iint \frac{xx'dmdm' \sin\psi}{\rho^3},$$

en désignant par ρ la distance réciproque des éléments dm, dm'.

(*) La quantité dm représente ici le produit analogue à μdm des notations antérieures.

Cet aimant agit aussi par induction sur les barreaux de fer doux et par là influe indirectement sur la position de l'aiguille; les actions réciproques de dm et $d\mu$, de dm et $d\mu'$ seront :

$$\frac{e - h + \xi + x\cos\psi}{f^3}\,dm, \quad \text{et} \quad \frac{e + h + \xi' + x\cos\psi}{f'^3}\,dm.$$

Dans ces formules e représente la distance de l'aimant ab à l'aiguille mobile; f et f' les distances respectives de $d\mu$ et $d\mu'$ à dm. On a d'ailleurs :

$$\rho^2 = e^2 + x'^2 + x^2\sin^2\psi.$$
$$f^2 = (e - h + \xi + x\cos\psi)^2 + (k + x\sin\psi)^2,$$
$$f'^2 = (e - h + \xi' + x\cos\psi)^2 + (k - x\sin\psi)^2.$$

212. En développant ces valeurs suivant les puissances négatives de e, jusqu'à la cinquième puissance exclusivement, on intégrera sans difficulté, et l'on aura pour moment de rotation tant direct qu'indirect de l'aimant ab sur l'aiguille mobile :

$$\frac{MM'}{e^3}\sin\varphi + \frac{2MM'}{e^5}p\cos\varphi\left(1 + 6\frac{h^2}{e^2}\right).$$

Ce moment tend à diminuer l'angle de déviation, comme le moment terrestre $M'X\sin\varphi$; tandis que $M'P + M'pdY$ tend à l'augmenter. La somme de toutes les forces agissant sur l'aiguille doit être égale à 0; d'où, en posant $X = X_0 + dX$, et $\varphi = \varphi_0 + d\varphi$ et en cherchant des valeurs moyennes qui rendent

$$P - X\sin\varphi = 0,$$

on aura :

$$pdY - \frac{M\sin\psi}{e^3} - \frac{2Mp\cos\psi}{e^5}\left(1 + 6\frac{h^2}{e^2}\right) - X_0 d\varphi\cos\varphi_0 - dX\sin\varphi_0 = 0.$$

Donnons à ψ les valeurs successives 0, π, $\frac{\pi}{2}$ et $\frac{3\pi}{2}$, et soient $d\varphi_1$, $d\varphi_2$, $d\varphi_3$, $d\varphi_4$ les valeurs correspondantes de $d\varphi$, nous aurons quatre équations; la différence des deux premières et celle des deux dernières donne :

$$\frac{4Mp}{e^5}\left(1 + 6\frac{h^2}{e^2}\right) + X_0\cos\varphi_0(d\varphi_2 - d\varphi_4) = 0,$$
$$\frac{2M}{e^3} + X_0\cos\varphi_0(d\varphi_3 - d\varphi_1) = 0.$$

On éliminera M, et l'on connaîtra la valeur de p. Cette valeur nous conduit ensuite, pour une valeur de e suffisamment grande, à la relation :

$$pdY = Xd\varphi \cos \varphi_0 + dX \sin \varphi_0.$$

On substituera ici la valeur de p, et l'on établira la relation

$$dY = d(X \operatorname{tg} i) = \operatorname{tg} i dX + \frac{X}{\cos^2 i} di,$$

dans laquelle i est l'inclinaison.

213. Les déviations sont observées comme dans l'instrument de la déclinaison et de la variation de déclinaison que nous avons déjà décrit (n^{os} 179 et suivants); c'est-à-dire que l'aiguille horizontale mobile porte un miroir m, dans lequel on lit par réflexion à l'aide d'une lunette les divisions d'une échelle placée au-dessus de celle-ci (n° 182). Soient ε la valeur angulaire d'une division de l'échelle;

N l'inclinaison absolue donnée par l'inclinateur et modifiée de l'écart de la variation;

Posons

$$a = \frac{\sin \varphi \operatorname{tg} i + p}{p}, \qquad a' = \frac{\cos \varphi \cos i \sin i}{p} \varepsilon,$$

$$b = \frac{\sin \varphi - p \operatorname{tg} i}{\operatorname{tg} i \sin \varphi + p}, \qquad b' = \frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} i \sin \varphi + p} \varepsilon.$$

On aura pour la variation d'inclinaison :

$$di = b \frac{dI}{I} + b'N,$$

et pour la variation de l'intensité totale :

$$\frac{dI}{I} = a \frac{dX}{X} + a'N.$$

Les coefficients a, a', b, b', dépendent de p, savoir :

$$p = \frac{1}{2} \frac{d_{\varphi_2} - d_{\varphi_1}}{d_{\varphi_4} - d_{\varphi_3}} \frac{1}{1 + 6\frac{h^2}{e^2}} = \frac{1}{2} \frac{d_{\varphi_2} - d_{\varphi_1}}{d_{\varphi_4} - d_{\varphi_3}} \left(1 - 6\frac{h^2}{e^2}\right).$$

Ces formules paraissent les plus commodes et les mieux appropriées à l'usage de l'appareil.

214. Nous mentionnerons encore un appareil imaginé par Lloyd, et qu'il a nommé *balance magnétique*, pour mesurer les variations de l'intensité verticale. Il consiste en un fléau formé d'une aiguille posée sur deux plans d'agate, par l'arête d'un coin d'acier; les extrémités de cet aimant sont terminées par deux cercles de cuivre évidés portant des fils croisés, dont on observe la position à l'aide de deux microscopes disposés perpendiculairement au plan de l'aiguille, et sur un même plan horizontal. Suivant MM. Lamont et Weber (*), Lloyd lui-même aurait condamné son appareil comme peu pratique. Cependant il est installé à l'Observatoire de Bruxelles depuis 1841; nous comprenons peu les raisons de cette critique, à moins qu'elles ne rentrent dans les inconvénients inhérents à tous les inclinateurs.

La théorie de cet appareil est contenue sommairement dans le problème que nous avons traité (nos 55 et 56). La description en a été faite par M. Quetelet (**).

L'avantage de la suspension horizontale et de la lecture des déviations à grande distance, c'est-à-dire à l'aide d'un grossissement, permet une division et une approximation très-grandes; cela assure, nous semble-t-il, à l'instrument que nous venons de décrire (211) une supériorité, dont témoigne du reste sa rapide admission dans les observatoires où l'on observe les variations de l'inclinaison. Le principe de cet appareil est dû à Lloyd lui-même, comme nous l'avons déjà dit, et c'est en remplacement de la balance magnétique qu'il a été adopté à l'établissement de Dublin.

La balance magnétique de Lloyd existe aussi à l'Observatoire de Helsingfors : dans le but d'appliquer à l'appareil le mode de lecture à grande distance, on y a remplacé les microscopes par un miroir à l'une des extrémités, équilibré par un contre-poids ajusté à l'autre bout. Le contre-poids curseur est indépendant de celui-ci. La lunette ainsi que l'échelle de lecture sont placées à une très-grande distance, et l'échelle est verticale. Ne peut-on pas

(*) *Repertorium der Physik*, t. VII. — *Resultate des magnetischen Vereins*, 1841, p. 76.
(**) *Physique du globe*, pp. 210 et suiv.

appréhender, par suite de ces modifications, que le frottement, augmenté en proportion du poids, n'altère les conditions de l'équilibre? Nous ne savons si des recherches ont été faites pour apprécier cette influence sur l'instrument dont il s'agit, et jusque-là la disposition primitive paraît préférable.

CHAPITRE III.

PRINCIPAUX APPAREILS D'INTENSITÉ.

---

§ 1. *Mesures absolues.*

215. Nous avons décrit (n^os^ 180 et suivants) le grand appareil destiné par Gauss à mesurer la déclinaison absolue, et les variations. Pour faire servir le même appareil à la mesure de l'intensité, il faut y ajouter les règles divisées qui servent à déterminer la position de l'aimant fixe, à chaque expérience.

Ces règles sont disposées parallèlement au méridien magnétique, de chaque côté de l'aimant suspendu, et leurs faces supérieures forment un plan horizontal. Il faut que les droites qui joignent les divisions de même ordre de ces lignes soient dans ce plan, et exactement perpendiculaires au méridien magnétique; de plus, les faces supérieures portant les divisions sont placées à une hauteur telle que l'aimant fixe placé sur elles soit au même niveau que l'aimant mobile : autrement la distance verticale doit être mesurée.

Les règles ont 5 à 6 mètres de long, et sont partagées en deux également par une perpendiculaire au méridien magnétique qui passe par le centre de l'aiguille mobile.

Si la largeur du local le permet, il est bon de disposer une troisième règle en travers des deux premières, et passant sous la boîte de l'aimant suspendu, afin d'être rencontrée par une perpendiculaire abaissée du milieu de la distance du centre de gravité au centre de suspension de cet aimant. Les

règles parallèles sont légèrement reculées, suivant leur longueur, lorsque cela est nécessaire, pour que l'aimant fixe produise, d'un côté comme de l'autre, des déviations égales.

216. La rapidité et l'exactitude des expériences exigent que les oscillations de l'aimant soient modérées : dans la mesure de la durée des oscillations, il importe de ramener ces oscillations, au commencement, à 2 ou 3 degrés d'amplitude, et, pour les variations, à 2 ou 3 minutes au plus. On y parvient au moyen d'un aimant auxiliaire dont chaque observateur doit apprendre lui-même l'usage pratique; cet aimant auxiliaire est d'une longueur et d'une largeur moitié moindres que l'aimant mobile, son poids est quatre fois moindre; il doit être assez fort pour produire une déviation d'une minute quand l'observateur le tient horizontalement derrière la lunette du théodolite, c'est-à-dire à une distance de $3\frac{1}{2}$ mètres environ. Cette déviation sera à gauche ou à droite, suivant la position réciproque des pôles; elle diminue lorsque l'aimant est incliné sur l'horizontale, et elle devient presque nulle s'il s'approche de la verticale. C'est la position qu'il faut rapidement lui donner quand on voit que l'aiguille est arrivée à peu près au repos; et avant cela, il faut placer les pôles dans le sens contraire à celui qui produirait l'élongation que l'on veut réduire.

217. Il n'est généralement pas indispensable d'amener au repos complet l'aiguille oscillante : il suffit de réduire l'arc d'oscillation autant que le permettent les circonstances. L'arc en lui-même est assez indifférent, pourvu que la vitesse ne soit pas assez grande pour permettre de l'apprécier.

Dans les expériences au magnétomètre à théodolite, comme nous le verrons plus loin, il est vrai que les grandes amplitudes offrent de l'inconvénient; mais il suffit de les réduire à 10 ou 15 minutes et de placer le fil de la lunette dans une position moyenne entre les écarts de son image.

En tous cas, l'usage de l'aimant modérateur demande une certaine dextérité à laquelle l'observateur ne parvient que par l'exercice assidu.

218. Tel est l'appareil complet que Gauss a installé au cabinet magnétique de Göttingue : il pouvait servir à la détermination de la déclinaison absolue, à celle des variations de la déclinaison, et à celle de l'intensité horizontale absolue. M. Weber complète le système par la construction d'un appareil

portatif entièrement fondé sur les mêmes principes et la même méthode de recherche; il ne se distingue du premier que par ses dimensions réduites (*).

219. L'appareil de Gauss pour étudier l'intensité horizontale est appliqué dans un grand nombre de cabinets magnétiques, en Angleterre, en Russie, à Milan et à Prague; à Christiania et à Bruxelles depuis 1842. Il diffère ici par sa suspension : l'assemblage de cocon, ayant éprouvé quelques accidents, a été remplacé par un fil d'argent.

220. Nous ferons ici la description du dispositif adopté à Munich et fondé sur l'exposé théorique que nous avons fait (nos 153 et suivants) d'après le mémoire du docteur Lamont, en déduisant ses résultats de la formule générale de Gauss.

Pour observer la durée des oscillations, qui donne la première formule, M. Lamont se sert de l'instrument que nous avons représenté dans la figure 36. Le fil de suspension forme à l'extrémité inférieure un œillet que saisit un crochet. Ce crochet fait corps avec un écrou qui serre la vis du miroir s; celui-ci est sous l'aimant, et sa vis en traverse le centre.

Pour les oscillations ordinaires, l'aimant est suspendu à un simple fil de cocon; mais lorsqu'il s'agit de chercher le moment d'inertie du barreau, il faut bien, pour supporter le poids de l'anneau, remplacer ce fil par un assemblage de six fils, capable de résister à une traction de 200 grammes. Cet assemblage est rattaché par le bout supérieur du fil à un cercle de torsion T, dont on ne se sert pas lorsqu'il n'y a qu'un seul fil.

Le tout est recouvert d'une cloche g dont le joint avec la base de l'instrument doit être imperméable à l'air. La base est ordinairement en verre ou en pierre bien polie, et le bord de la cloche bien rodé. M. Lamont préfère une base de bois, sur laquelle on dépose un anneau de cire molle, pour y faire pénétrer la cloche.

Une ouverture p, pratiquée dans la cloche, est refermée par un plan de glace, à travers lequel on observe le miroir.

Une échelle de verre h, fortement éclairée au moyen d'un réflecteur s, est placée vis-à-vis du miroir et parallèlement à sa surface, à une distance

(*) *Resultate des magnetischen Vereins;* 1838.

de 1 mètre à 1 mètre et demi. La lunette *f* reçoit l'image réfléchie des divisions de l'échelle.

Les oscillations étant assez rapides, on ne pourrait les noter toutes; on laisse un intervalle entre les passages observés, mais il doit en comprendre un nombre pair pour qu'il y ait autant de demi-oscillations d'un côté que de l'autre, et pour éliminer la variation de la déclinaison.

Après une série de dix passages, on s'arrête; on recommence vers le 200^{me}; puis on en observe encore dix : la différence des temps des deux séries, divisée par 200, donne la durée moyenne d'une seule de ces deux cents oscillations.

A la fin de chaque série on note la température et l'état de l'instrument des variations.

221. Pour les déviations on se sert de l'instrument représenté figure 2. Dans une boîte ABDE est suspendu l'aimant libre par un fil de coton *ff*; en dessous de l'aimant est attaché le miroir *s* dont le plan est parallèle à l'axe magnétique. Vis-à-vis du miroir, dans la paroi de la boîte, est fixé un objectif, au foyer duquel, en F, est tendu un réticule éclairé par un réflecteur *aa*. Un oculaire *b* correspond à l'axe principal de l'objectif.

Avant que l'aimant soit dévié au méridien par la présence d'un autre aimant fixe, s'il y a coïncidence entre le réticule et son image, c'est que l'axe optique de la lunette formée par les deux verres *o* et *b* est normal au miroir : alors le vernier V montre la direction du méridien magnétique.

Si l'on place l'aimant de déviation sur la règle de laiton LL à une certaine distance de l'aiguille mobile, celle-ci s'écarte du méridien. Cette règle est mobile avec l'axe de l'alidade à vernier, et, dans son mouvement de rotation, elle entraîne avec elle le système de l'aiguille mobile et le vernier lui-même; on fait donc tourner tout cet ensemble jusqu'à ce que l'axe de la lunette *bo* coïncide de nouveau avec la normale au miroir, c'est-à-dire jusqu'à ce que le réticule soit superposé à son image réfléchie par le miroir. Alors le vernier donne l'angle de déviation qui correspond à la distance *Cc* des centres de l'aiguille mobile et de l'aimant déviateur.

La règle de laiton LL est divisée; mais on ne pourrait, avec une précision suffisante, placer l'extrémité de l'aimant fixe sur un trait de division,

même à l'aide d'une loupe. On résout très-bien la difficulté au moyen d'un chariot curseur NN, maintenu sur la règle par des guides parallèles, comme le chariot d'un tour; ce chariot peut être poussé parallèlement à la longueur de la règle, en avant ou en arrière. On le fixe au moyen d'une cheville ou pointe qui le traverse et pénètre dans des trous coniques très-petits, ménagés dans la règle aux deux côtés de chaque trait de division. Le chariot porte un indicateur taillé en biseau, avec un trait k qui doit être placé en face d'un trait de la règle de manière à en former le prolongement, lorsqu'il y a coïncidence. Cet index est analogue, pour sa forme, aux règles des verniers et aux index des alidades, etc. Pour mettre le trait k en coïncidence parfaite, on donne au chariot un mouvement micrométrique à l'aide d'une vis de rappel représentée à part avec ses douilles qq et sa manotte h. Une loupe disposée au-dessus du trait k sert à vérifier sa position.

L'aimant déviateur est percé au centre d'un trou conique; on le centre sur une pointe portée par le chariot en C, et terminée en filet, pour y passer un écrou; on fixe ainsi l'aimant à demeure.

222. Pour mesurer les déviations, on commence par placer le trait k à la division 3, puis à la division $3'$; puis à $3''$ et enfin à 3. La distance moyenne sera $\frac{1}{4}(3 + 3 + 3' + 3')$. Il est évident que la longueur du chariot curseur doit avoir un certain rapport avec le système de division de la règle. Celle-ci doit être assujettie à l'alidade mobile avec la boîte de l'aiguille.

223. La figure 38 représente un autre appareil de déviation, dans lequel la règle est ajustée sur un axe horizontal à deux tourillons : la pièce ff empêche la rotation de cet axe, qui ne doit servir qu'à entraîner la boîte dans son mouvement de rotation autour du point vertical h. L'aiguille mobile est dans la boîte ab, et le miroir sous l'aiguille dans un cube qui coupe en deux la règle et son axe transversal.

Enfin la règle est formée d'un tube cd, dont la moitié sert de lunette : l'objectif est en d' à l'intérieur, sa place est marquée par un trait pointillé; l'oculaire est en o. Le chariot curseur s'emboîte sur la surface extérieure du tube.

224. Pendant les mouvements que l'on imprime à la règle et au chariot, il importe que le cercle de l'alidade ne s'incline pas; car alors le milieu de l'aiguille mobile ne correspondrait plus à la même division de la règle. Il

faut donc que le pivot de l'alidade et de tout son attirail ne s'écarte point de l'axe vertical de ce théodolite; ce pivot doit être serré à frottement doux contre la face intérieure de sa boîte ou poêlette : cela se fait au moyen d'un ressort. On pourrait aussi, à l'aide d'un niveau à bulle d'air, vérifier la position du cercle à chaque observation, et tenir compte des dérangements; mais il est préférable de les éviter. M. Lamont supprime même le ressort, lorsque le pivot est bien ajusté dans sa base, et que le fil de suspension est court, ce qui n'a aucun inconvénient à cause de sa faible torsion.

225. Le dispositif que nous venons de décrire suppose que sans l'aimant fixe ou déviateur, l'axe longitudinal de la règle et de la lunette sont perpendiculaires au méridien magnétique. Cette direction est déterminée au moyen d'une mire éloignée sur laquelle on dirige la règle en même temps que le réticule de la lunette coïncide avec son image. Nous avons montré (n° 156) jusqu'à quel point les erreurs de lecture sont à craindre dans cette opération.

226. Les deux aimants doivent être proportionnés de façon à ce que les coefficients p et q de la formule (2) du n° 155 soient très-petits ou s'évanouissent. On y parvient après quelques tâtonnements : si l'on avait affaire à des aimants simples, le second terme disparaîtrait si les carrés des longueurs des deux aimants avaient le rapport 3 à 2. On commence par faire l'aiguille libre un peu plus longue, et l'on réduit peu à peu cette longueur à la lime, jusqu'à ce que l'on arrive au terme convenable.

227. La torsion du fil *ff* (fig. 2) n'a pas d'influence sur les derniers résultats dans les circonstances ordinaires. Il y a cependant avantage à éliminer la torsion ou à la réduire à une valeur très-petite.

Ainsi l'on note les déviations v, v', v'' et v''' et les déclinaisons correspondantes δ, δ', δ'' et δ'''; puis on éloigne l'aimant de déviation et l'on ramène l'image du réticule en coïncidence, et l'on note la division V qui correspond au méridien magnétique; au même instant on prend l'indication Δ de l'appareil de déclinaison.

Si la torsion est nulle, on aura

$$V - \Delta = \frac{1}{4}(v + v' + v'' + v''') - \frac{1}{4}(\delta + \delta' + \delta'' + \delta''').$$

Si elle n'est pas nulle, la différence entre les deux membres de cette équation en donnera la valeur.

228. Dans la confection du théodolite, on tâche de supprimer les organes de fer ou d'acier; ou bien il faut tenir compte de leur influence. L'influence des parties magnétiques appartenant à l'alidade est éliminée, comme la torsion, par les déviations symétriques. Mais les parcelles de fer disséminées dans l'alidade ou dans la règle peuvent agir sur l'aimant de déviation, et réciproquement : alors la déviation de l'aiguille mobile serait influencée différemment d'après la position de l'aimant fixe.

Du reste, il est bon de réduire les dimensions de l'appareil de déviation autant que cela est compatible avec la précision des mesures. M. Lamont estime qu'une règle de $0^m,750$ suffit avec des aimants de 60 millimètres environ pesant 5 à 10 grammes.

Nous avons déjà fait la remarque que, si le point neutre de l'aimant de déviation n'est pas très-près du milieu de sa longueur, et si son magnétisme n'est pas symétriquement distribué, cet aimant ne peut servir. Nous avons indiqué (n° 75) un moyen de s'assurer de la symétrie en question; on peut vérifier, quand on veut, sur le théodolite lui-même si cette condition importante est satisfaite. On note d'abord la division V qui correspond au méridien magnétique, puis on place l'aimant fixe sur la règle, et l'on note la déviation v; enfin on retourne l'aimant bout à bout, ce qui produit à la même distance une déviation v' en sens contraire. La distribution est symétrique si l'on a $v - V = V - v'$.

229. La mesure de l'intensité prend toujours un certain temps pendant lequel le magnétisme terrestre subit une variation continue, dont il faut tenir compte. Pour estimer la durée des oscillations, on lit au commencement et à la fin, les indications d'un appareil de variation, et l'on admet que la durée mesurée correspond à la moyenne des deux positions, ce qui est d'autant plus vrai que l'opération aura été plus rapide.

Soit ε la valeur de la variation d'intensité; X_0 l'intensité absolue qui correspond au zéro; l'intensité vraie sera $X_0(1+\varepsilon)$; on aura, en tenant compte de l'influence de la température sur la durée

$$M_0 X_0 (1+\varepsilon) = \frac{\pi^2 K_0}{T^2}\left(1 + (2\beta' + \alpha)t\right).$$

Pour estimer la déviation, il ne faut pas seulement tenir compte de la variation d'intensité, mais aussi de la variation de déclinaison.

Soient v et v' les déviations d'un côté (ouest, par exemple), v'' et v''' les déviations opposées (est, par exemple), $\delta, \delta', \delta'', \delta'''$ les positions au même instant données par l'instrument de déclinaison.

Les lectures réduites au zéro de l'instrument seront $v - \delta, v' - \delta', v'' - \delta'', v''' - \delta'''$, en supposant que les v et les δ soient de même sens; au cas contraire, il faudrait poser $+$ au lieu de $-$ dans les termes où il en serait autrement. La vraie déviation est alors :

$$\frac{1}{2}\left[\frac{1}{2}(v'' - \delta'' + v''' - \delta''') - \frac{1}{2}(v - \delta + v' - \delta')\right].$$

Posons

$$\varphi = \frac{1}{4}(v''' + v'' - v' - v);$$

$$d_\varphi = \frac{1}{4}(\delta + \delta' - \delta'' - \delta''');$$

Soit ε' la moyenne des positions de l'instrument de variation d'intensité, nous aurons l'équation :

$$\frac{M}{X_0(1+\varepsilon)} = \frac{1}{2}R_0^3 \sin(\varphi + d_\varphi)\frac{1}{1 + \frac{p^2}{R^2} + \frac{q}{R^4}}(1 + (5\beta + \alpha)t),$$

et enfin

$$X_0 = \frac{\pi\sqrt{K_0}}{T}\cdot\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2}R_0^3}}\cdot\frac{\sqrt{1 + \frac{p^2}{R^2} + \frac{q^2}{R^4}}}{\sqrt{\sin(\varphi + d_\varphi)}}\left(1 + \beta' t - \frac{5}{2}\beta' t + \frac{\alpha}{2}(t - t') - \frac{1}{2}(\varepsilon - \varepsilon')\right).$$

Pour achever le calcul, il faut connaître les valeurs de T et de φ que l'on aurait obtenues si l'intensité n'avait pas subi de changement; soit ε'' la position fixe qu'aurait dû donner l'instrument des variations. La réduction pour T est

$$\frac{1}{2}(\varepsilon - \varepsilon'')T,$$

et pour φ

$$(\varepsilon' - \varepsilon'')\operatorname{tg}\varphi.$$

§ 2. *Instruments des variations.*

230. Le système de corrections relatives aux variations de l'élément qui fait l'objet du calcul, nécessite l'observation d'un second appareil propre à indiquer ces variations depuis le commencement jusqu'à la fin du travail. Nous venons d'en voir un exemple dans le numéro précédent : c'est pour concourir à ce résultat, que Gauss ainsi que Lloyd ont imaginé un magnétomètre qui diffère du déclinomètre et de l'appareil à intensité horizontale par le système de suspension. Il s'agit du magnétomètre bifilaire, destiné à calculer la variation de l'intensité horizontale, pour un intervalle quelconque de temps. Voici les principes de cet appareil :

231. Les conditions d'équilibre d'un corps suspendu à deux fils et soumis à la pesanteur consistent en ce que la verticale passant par le centre de gravité, et les deux droites représentées par les fils soient dans un même plan; elles peuvent être parallèles entre elles ou se rencontrer en un même point.

Pour fixer les idées, admettons que les deux fils aient la même longueur, et que leurs points d'attache supérieurs soient entre eux à la même distance que les points d'attache inférieurs, et que ceux-ci forment avec le centre de gravité un triangle isocèle.

Si le corps est écarté de cette position d'équilibre par une rotation autour de la verticale du centre de gravité, les deux fils ne resteront plus verticaux, ni dans le même plan : le corps sera un peu soulevé. La tendance à revenir à la position primitive est mesurée par un moment de rotation qui est proportionnel au sinus de la déviation; sa plus grande valeur correspond donc à une déviation de 90 degrés. C'est de cette valeur qu'il s'agira dans la suite.

Ce moment peut être considéré aussi comme la mesure de la force qui retient le corps dans la position d'équilibre, au moyen du mode de suspension que nous avons décrit; pour abréger, nous désignerons cette force sous le nom de force directrice.

Elle dépend : 1° de la longueur des fils de suspension; 2° de leur écar-

tement; 3° du poids du corps. Elle est inversement proportionnelle à la longueur des fils; directement proportionnelle au poids du corps et au carré de l'écartement.

La loi véritable est bien un peu plus compliquée, et la résistance des fils à la torsion la modifie aussi; mais on supplée par l'expérience, de façon à connaître avec une très-grande exactitude la vraie valeur de la force directrice; il suffirait, par exemple, après une déviation plus ou moins grande, d'abandonner le corps à lui-même : il ferait des oscillations régulières, dont le milieu coïnciderait avec la position d'équilibre, et dont la durée dépendrait de la force directrice et du moment d'inertie du corps.

232. Maintenant considérons le cas où un aimant fait partie du système : une seconde force directrice entre en jeu, et les phénomènes observés seront subordonnés au concours des deux forces directrices, suivant les lois de la statique.

On peut distinguer trois cas : les deux positions d'équilibre que le corps prendrait sous l'influence isolée de chacune des forces, peuvent coïncider; elles peuvent être opposées; ou bien faire entre elles un angle. Ces trois positions sont respectivement nommées : naturelle, inverse et transverse. La première est toujours stable; la seconde est stable si la force magnétique est moindre que la force de la suspension, instable dans le cas contraire; dans le troisième cas, les conditions statiques engendrent une position moyenne ou plutôt intermédiaire, qui ne correspond ni au parallélisme de l'aimant avec le méridien magnétique, ni à la forme plane et rectangulaire du quadrilatère formé par les quatre extrémités des fils.

Si la force directrice de la suspension a une mesure absolue connue, les conditions d'équilibre feront connaître la mesure absolue de la force magnétique. La position d'équilibre qui convient le mieux au calcul est celle où l'aimant se trouve perpendiculaire au méridien magnétique. Alors la déviation des fils par rapport à leur parallélisme est aussi la plus grande, et le calcul du résultat est plus précis : en outre, une légère variation accidentelle ou horaire de la déclinaison, n'influe pas sensiblement sur la position d'équilibre.

Au contraire, la moindre variation d'intensité est accusée immédiatement,

et se reconnaît avec la même facilité, la même exactitude et la même rapidité que l'effet correspondant de la déclinaison sur le magnétomètre ordinaire.

233. Le magnétomètre bifilaire de Göttingue est suspendu à un fil d'acier tournant sur deux cylindres parallèles attachés au plafond de la salle : les deux brins, de 17 pieds de long, descendent pour s'attacher à l'appareil magnétique; ils ont entre eux un écartement de 1 1/2 pouce; cette disposition leur donne une même tension.

L'appareil magnétique se compose de quatre parties principales.

La première est un cercle divisé en quarts de degré, auquel sont directement attachés les bouts des fils : il a quatre pouces de diamètre.

La seconde partie est une alidade à deux verniers donnant les minutes; son axe se prolonge en une tige assez forte tournant avec elle et perpendiculaire au cercle. Cette tige porte un miroir de 1 1/2 pouce de diamètre, une lunette placée à 16 pieds de distance fait voir par réflexion les divisions d'une échelle divisée en millimètres et placée sous la lunette. Les moindres mouvements angulaires du cercle sont agrandis et mesurés avec une grande approximation, tandis que les grands mouvements sont mesurés par la combinaison de la lecture au moyen de la lunette et du miroir, et de la lecture des verniers de l'alidade.

La troisième partie est l'étrier suspendu au cercle; et enfin la quatrième est l'aimant de 10 à 12 kilogrammes posé dans cet étrier. Celui-ci est mobile sur le centre du cercle, et muni de deux verniers donnant la minute. On peut donc, au commencement, donner à l'aimant telle position que l'on voudra, et la repérer sur le cercle. Si l'aimant est ainsi écarté du méridien magnétique, puis abandonné, il prendra une position qui correspondra à l'équilibre des forces en jeu; et la déviation notée sera la différence entre l'écart donné et l'angle de la torsion. La déviation la plus favorable au calcul est celle de 90° : et les changements de déviation accusent immédiatement la variation de l'intensité horizontale.

234. Il est à peu près superflu de rappeler que de temps à autre l'état magnétique de l'aimant devra être vérifié; que dans les calculs il y aura à tenir compte des changements de température, non-seulement en ce qui con-

cerne leur influence sur l'état magnétique de l'aimant, mais en ce qui concerne les dimensions de l'appareil de suspension d'où dépend sa force directrice.

Quant au mode d'observation, il est le même que pour le déclinateur que nous avons décrit (nos 180 et suiv.). Ce dernier servira seul pour connaître la déclinaison absolue; mais les variations de la déclinaison, et particulièrement celles qui se succèdent rapidement, peuvent être recherchées aussi bien par le bifilaire que par l'unifilaire. Il en est de même pour l'intensité absolue, mais alors l'unifilaire est d'un maniement plus simple. Quant aux variations de l'intensité, il ne peut fournir qu'une valeur moyenne relative à un temps donné, et les variations qui se suivent en peu de temps lui échappent totalement, tandis qu'elles se manifestent sensiblement dans l'appareil bifilaire.

235. Désignons par S la force de torsion de la suspension;

Par M le moment magnétique de l'aimant;

Par X l'intensité horizontale absolue;

Par a une constante, et par τ la durée d'oscillation.

Nous aurons dans une première position où l'aimant est perpendiculaire au méridien magnétique :

$$S + MX = \frac{a}{\tau^2}.$$

Dans une seconde position inverse, après avoir fait tourner l'aimant de 180°, en appelant t la durée d'oscillation :

$$S - MX = \frac{a}{t^2}.$$

La combinaison de ces deux équations donne :

$$\frac{MX}{S} = \frac{t^2 - \tau^2}{t^2 + \tau^2}.$$

La torsion étant proportionnelle au sinus de l'angle que l'on fait décrire au plan des fils, on aura, en appelant z cet angle, la condition d'équilibre

$$S \sin z = MX \sin 90^\circ = MX, \quad \text{d'où} \quad \frac{MX}{S} = \sin z.$$

En considérant z et X comme variables, on aura :

$$\frac{dX}{X} = \frac{dz}{\operatorname{tg} z}.$$

L'angle z est donné par la formule

$$\sin z = \frac{t^2 - \tau^2}{t^2 - \tau_2}.$$

Ainsi, pour employer le magnétomètre bifilaire, on détermine les durées t et τ dans les deux positions inverses, puis on tord les fils d'un angle donné par la dernière formule. Le rapport de la valeur angulaire d'une division de l'échelle, à la tangente de l'angle, donne la variation cherchée.

236. Lloyd détermine l'angle de torsion z en prenant d'abord la direction du méridien magnétique; puis tournant la lunette collimateur de 90°. Lorsque l'aimant est placé, il tord le système jusqu'à ce que le milieu de l'échelle coïncide avec le fil de la lunette d'observation.

Pour reconnaître le méridien magnétique, on vérifie si la même division de l'échelle correspond au fil de la lunette d'observation quand on échange l'aimant avec le barreau de torsion.

S'il arrivait que l'un des deux brins de suspension fût tordu, on aurait deux déviations différentes pour une même rotation en deux sens contraires, à l'est et à l'ouest.

Dans les observatoires anglais, on a introduit le mode de suspension bifilaire pour de petites aiguilles de 3 pouces, analogues à celles des petits appareils de déclinaison.

237. Christie avait déjà appliqué la torsion d'un seul fil à la recherche de la variation d'intensité; plus tard, il employa la déviation de l'aiguille mobile par deux aimants qui la retenaient perpendiculaire au méridien magnétique. En 1840 et 1841, M. Lamont se servait de l'élasticité d'un ressort pour dévier l'aimant; le même savant a aussi employé la suspension bifilaire, mais il critique la variabilité inévitable de cette suspension, notamment l'extension et la torsion propre des fils. C'est pourquoi il est revenu au système de deux aimants fixes pour obtenir la déviation de l'aimant mobile.

238. Soit m (fig. 39) l'aiguille mobile autour du centre C; soient M et M′ les deux aimants de déviation, dont les moments de rotation sont respectivement μ et μ', à zéro degré; soient α et α' leurs coefficients de température, et t la température; on aura :

$$X \sin \varphi = \mu (1 - \alpha t) + \mu' (1 - \alpha' t),$$

d'où

$$\frac{dX}{X} = - \frac{d\varphi}{\operatorname{tg} \varphi} - \frac{\mu\alpha + \mu'\alpha'}{\mu + \mu'} dt.$$

Mais nous avons vu comment, par l'adjonction d'un troisième aimant, l'on pourrait compenser la valeur du second terme du second membre (n° 168). M. Lamont a fondé sur ce principe l'ajustement de son appareil.

Les aimants fixes ou *déflecteurs* sont ordinairement disposés sur une règle de bois qui dispense d'avoir égard à l'influence de la dilatation sur la distance des aimants.

La sensibilité de l'instrument dépend de l'angle choisi pour la déviation. M. Lamont fait ordinairement une déviation de 45 à 50 degrés. Dans la formule $\frac{dX}{X} = - \frac{d\varphi}{\operatorname{tg} \varphi}$, la différence $d\varphi$ n'a pas pour origine un point fixe de l'échelle, mais bien le méridien magnétique lui-même, qui change constamment et devra être indiqué chaque fois par l'appareil de déclinaison. Ainsi $d\varphi$ représente la différence entre la lecture de l'instrument de déclinaison, et celle de l'instrument d'intensité. Les divisions de l'échelle dans chacun de ces instruments devront évidemment avoir la même valeur angulaire.

239. La règle de bois qui porte les déflecteurs passe sous la boîte qui contient l'aiguille mobile; les aimants fixes doivent être de force égale ou du moins exercer des effets égaux sur l'aiguille mobile. A cet effet, s'il existe une légère différence, on la corrige, en faisant glisser un peu la règle dans le sens de sa longueur, tandis que les aimants conservent leur distance réciproque; on compense de la sorte par l'inégalité de distance, l'inégalité de force, et l'on reconnaît l'exactitude de la correction en ce que la déviation est à son minimum.

240. Lorsque la torsion du fil est assez considérable, il faut en tenir compte dans le calcul, aussi bien pour l'instrument de la déclinaison, que

pour l'instrument d'intensité. Lorsqu'on a des aimants égaux ou compensés, comme nous venons de le dire, le rapport de la torsion à chaque moment magnétique (rapport désigné par $\frac{q}{MX}$ dans le n° 94) peut être considéré comme le même : désignons-le par γ. Lorsque l'aiguille d'intensité est déviée de l'angle φ, ce rapport devient $\frac{\gamma}{\cos\varphi}$; soient d_{φ_2} et d_{φ_1} (n° 238) les angles donnés par l'instrument de déclinaison, et par celui d'intensité, nous aurons

$$\frac{dX}{X} = \frac{d_{\varphi_2}\left(1+\frac{\gamma}{\cos\varphi}\right) - d_{\varphi_1}(1+\gamma)}{\operatorname{tg}\varphi} = (d_{\varphi_2} - d_{\varphi_1})\frac{1+\gamma}{\operatorname{tg}\varphi} + d_{\varphi_1}\gamma\operatorname{tg}\frac{1}{2}\varphi.$$

Si l'on prend $\varphi = 45°$,

$$\frac{dX}{X} = (d_{\varphi_2} - d_{\varphi_1})(1+\gamma) + 0{,}414\, d_{\varphi_1}\gamma.$$

241. Si le rapport $\frac{dX}{X}$ n'était pas exactement proportionnel à la variation angulaire, il faudrait peut-être considérer la seconde puissance de cette variation. On aurait alors, d'après l'équation fondamentale de l'équilibre :

$$\frac{dX}{X} = -\frac{d_{\varphi_2} - d_{\varphi_1}}{\operatorname{tg}\varphi} + (d_{\varphi_2} - d_{\varphi_1})^2\left\{\frac{1}{2} + \operatorname{tg}^2\varphi\right\}.$$

Le second terme du second membre peut être déterminé comme coefficient de correction, d'après l'évaluation angulaire des divisions de l'échelle, suivant l'exemple que voici :

Soit $d_{\varphi_2} - d_{\varphi_1} = n\varepsilon$.

ε étant la valeur angulaire d'une division de l'échelle, il vient :

$$\frac{dX}{X} = -\frac{n\varepsilon}{\operatorname{tg}\varphi} + n^2\varepsilon^2\left\{\frac{1}{2} + \operatorname{tg}^2\varphi\right\}.$$

Posons $\qquad \frac{\varepsilon}{\operatorname{tg}\varphi} = \varepsilon'$, d'où $\varepsilon^2 = \varepsilon'^2\operatorname{tg}^2\varphi$; $\quad \varepsilon' = 0{,}0002$; et $\varphi = 55°29'4$,

le second terme du second membre sera $= n^2 \times 0{,}00055$.

Cette correction peut être négligée lorsque la période diurne de l'intensité horizontale X est comprise entre 5 divisions de part et d'autre du centre de l'échelle; c'est ce qui a lieu dans les contrées de l'Europe centrale.

242. Nous avons exposé (n° 121) les formules qui ont servi à M. Lamont pour apprécier à sa juste valeur la méthode proposée par Poisson pour mesurer l'intensité absolue du magnétisme terrestre. L'instrument qui sert à réaliser cette méthode est des plus simples et des plus portatifs; nous l'avons représenté dans la figure 1. Il consiste dans une petite caisse de bois où est suspendu un aimant à un fil de cocon A, et qui est fermée par un couvercle de glace. L'aimant se trouve à trois lignes au-dessus du fond, et généralement à trois lignes des parois. La pointe de l'aimant doit être éloignée d'une couple de lignes de l'arc de cercle divisé sur lequel on observe l'amplitude des oscillations, autrement les durées d'oscillation observées seraient fautives.

Il faut qu'à chaque opération la distance des aiguilles soit la même pour que la valeur de la constante soit déterminée une fois pour toutes. A cet effet, l'aiguille B est maintenue dans sa position par un talon dont la règle S est munie. Pour que l'aimant mobile A soit aussi toujours dans une position constante, il porte en son milieu une pointe k représentée dans la figure 2. Cette pointe doit coïncider avec un trait fin n marqué sur un cône arrondi placé en dessous. Cette coïncidence est amenée au moyen d'une vis calante F (voir la figure 1), et on la vérifie au moyen d'une loupe latérale l, ménagée sur l'une des parois de la caisse.

243. Les formules du numéro 121 doivent être corrigées des influences de la température, d'après les indications du numéro 163, et en observant que

$$\begin{aligned} M &= M_0(1-\alpha t), & M' &= M'_0(1-\alpha' t)\\ H &= H_0(1-3\beta t), & H' &= H'_0(1-3\beta t)\\ K &= K_0(1+2\beta' t), & K' &= K'_0(1+2\beta' t) \end{aligned}$$

α et α' sont les coefficients magnétiques des aimants A et B; β, et β' sont les coefficients de dilatation du cuivre et de l'acier.

Posons pour simplifier :

$$\frac{\theta}{T} = \cos x \qquad \frac{\theta'}{T'} = \cos x',$$

$$\frac{M_0}{\pi}\sqrt{\frac{H'_0}{K'_0}} = \mu_0, \qquad \frac{M'_0}{\pi}\sqrt{\frac{H_0}{K'_0}} = \mu'_0,$$

$$\pi\sqrt{K'_0 H_0} = C_0, \qquad \pi\sqrt{K_0 H'_0} = C'_0.$$

nous aurons

$$X = \frac{C_0\left\{1 - \left(\frac{3}{2}\beta - \beta'\right)t\right\}}{T' \operatorname{tg} x}$$

$$\mu'_0 = \frac{\operatorname{tg} x}{T'}\left\{1 + \left(\alpha' + \frac{3}{2}\beta + \beta'\right)t\right\}$$

$$X = \frac{C'_0\left\{1 - \left(\frac{3}{2}\beta - \beta'\right)t\right\}}{T \operatorname{tg} x'}$$

$$\mu'_0 = \frac{\operatorname{tg} x'}{T}\left\{1 + \left(\alpha + \frac{2}{3}\beta + \beta'\right)t\right\}.$$

En voyage ces opérations ne se font qu'aux stations principales : aux stations intermédiaires, on se borne à observer les oscillations d'une seule aiguille et à prendre T ou T′. On interpole les valeurs de μ_0 et μ'_0 au moyen des observations principales, et l'on calcule l'intensité absolue d'après les formules

$$X = \frac{C_0}{\mu_0 T^2}\left\{1 + (\alpha + 2\beta')\,t\right\}$$

$$X = \frac{C_0}{\mu'_0 T'^2}\left\{1 + (\alpha' + 2\beta')\,t\right\}.$$

Quant aux valeurs de T et T′, elles sont ramenées aux arcs très-petits, suivant les indications que nous avons données (n^{os} 148 et suiv.).

CHAPITRE IV.

APPAREILS ENREGISTREURS.

§ 1. *Enregistreurs mécaniques de Munich.*

244. « Quelque soin, dit Gauss, que l'on apporte aux observations qui » concernent la mesure des grandeurs physiques, elles sont forcément sou- » mises à des erreurs plus ou moins considérables. » Parmi les erreurs dont la valeur n'est pas susceptible d'être calculée, il faut compter celles qui pro-

viennent de l'imperfection de nos organes, et généralement toutes celles qui sont dues à des causes irrégulières, tellement variables qu'il serait impossible de les prévoir toutes. Les variations météorologiques demandent à être surveillées jour et nuit, d'heure en heure; or ce sont précisément ces observations, à termes fixes et réguliers, qui sont exposées au danger des erreurs personnelles, soit que l'oubli, la négligence, soit que la fatigue surtout entrent pour une part plus ou moins grande dans ces erreurs.

Les appareils enregistreurs répondent, sous ce rapport, à un besoin impérieux de la science, et cela explique les efforts tentés par plusieurs savants, dans ces dernières années, pour trouver des combinaisons propres à fournir des résultats comparables avec ceux des observations directes.

L'Observatoire de Munich paraît être le premier (*) qui ait été en possession d'un système d'enregistrement automatique pour les variations des éléments du magnétisme terrestre : ils empruntent tous leur action périodique à un mécanisme étranger aux aimants. En voici à peu près l'idée générale.

245. Imaginons un aimant mm' (fig. 41) d'environ 15 pouces de long, suspendu à un fil métallique; l'extrémité supérieure de ce fil est attachée à un ressort de laiton ff, assujetti à une poutrelle H. Au-dessus du ressort se trouve un excentrique e, dont l'attache est indépendante de celle du ressort. Cet excentrique tourne et abaisse le ressort d'environ un millimètre ou deux; puis il le laisse se relever et reprendre sa position d'équilibre. Ce mouvement est très-doux, continu et sans secousse.

L'aimant porte à ses deux extrémités, et en dessous, deux pointes c, c'; tandis que sous les pointes et sur des axes perpendiculaires à la longueur de l'aimant, sont centrés deux cylindres de zinc CC′ enduits de cire et de noir de fumée. Les axes de ces cylindres portent des roues dentées.

La distance des pointes c, c' à la surface des cylindres CC′ est un peu plus petite que la course de l'excentrique e, de sorte que, par l'abaissement du ressort ff, les pointes de l'aimant viennent toucher la surface du cylindre qui leur correspond.

Aussitôt que les pointes se relèvent par le mouvement de l'excentrique,

(*) *Mémoires de l'Acad. des sciences de Munich*, t. VI; 1852.

les roues dentées des cylindres avancent d'une dent. L'excentrique est mû par un échappement d'horlogerie; la rotation complète dure environ deux secondes. Une horloge qui se trouve tout près lâche l'échappement toutes les heures.

Tel est, sous la forme générale, la disposition d'un appareil magnétique enregistreur : cette disposition est appliquée à la déclinaison, à l'intensité et à l'inclinaison.

246. M. Lamont a vérifié l'exactitude des enregistrements, de la manière suivante : il a adapté un miroir sur l'aimant, et fixé, à une distance convenable, une lunette et une échelle, comme pour observer suivant la méthode ordinaire. Un aimant fixe fut placé à différentes distances, pour donner à l'aimant mobile des positions d'équilibre différentes : au moment où l'on observait à la lunette, on faisait partir à la main l'échappement de l'excentrique, au moyen d'un cordon, et l'aimant marquait sa position.

De la sorte on obtenait une série d'observations notées à la manière ordinaire, et enregistrées à la fois par l'instrument. C'est ainsi que M. Lamont s'assura d'une concordance très-satisfaisante, qu'il vérifia à plusieurs reprises, et qui, en 1852, s'était manifestée constamment depuis trois années d'usage.

Pour la lecture des points enregistrés, on se sert d'un grand micromètre de construction ordinaire; sa glissière porte des paliers sur lesquels on place le cylindre, en le maintenant par un ressort pour qu'il ne glisse pas suivant son axe : ce ressort s'appuie contre une plaque de glace. Le microscope est fixe et dirigé sur l'axe du cylindre.

Au moyen de la glissière, mue par une vis sans fin, on amène au fil du microscope le premier point d'une série. La vis sans fin est munie d'un cercle divisé avec index : on lit la première position, puis on amène un second point au fil du microscope, et on lit la seconde position; ainsi de suite pour tous les points.

Le micromètre est placé de manière à lire les points en croissant de l'est à l'ouest. On obtient donc les grandeurs ab, cd (fig. 42), lorsque le point zéro du micromètre coïncide avec le cercle gh, ik. Si la lecture du cylindre nord donne N, celle du cylindre sud S; si a est la valeur angulaire d'un pas de la vis micrométrique, l'angle de l'aimant, avec le méridien magnétique compté du nord vers l'ouest, sera $A + \frac{1}{2} a(N - S)$.

L'unité de N et de S est le pas de la vis micrométrique.

Les cylindres portent des roues de 60 dents; ils sont relevés tous les quatre jours. On établit le contrôle tous les jours à midi, cela suffit, et il ne serait pas prudent de s'approcher plus souvent d'appareils si délicats.

247. Pour empêcher ou modérer les mouvements de l'aimant, M. Lamont s'est vu forcé de supprimer les plaques de cuivre, dont l'induction, par suite du mouvement même, faussait les indications au bout de quelques jours. Il a tout simplement immergé dans l'eau une lame suspendue à l'aimant par un fil de laiton. Pour que les variations de température ne produisent pas dans cette eau des courants qui changeraient la position de l'aimant, le vase doit être très-petit et ne donner que le jeu nécessaire au mouvement propre de l'aimant.

En hiver on mélange un peu d'alcool avec l'eau pour empêcher la congélation.

248. Les cylindres à diagrammes sont mus par un appareil mis en rapport avec l'horloge, par l'intermédiaire d'un échappement spécial qui agit aussitôt que l'excentrique a relevé le ressort *ff* (fig. 41). A cet effet, un axe creux en laiton porte deux vis sans fin, lesquelles engrènent avec les roues de 60 dents des cylindres. Lorsque l'échappement s'abat, cet axe fait un tour, après lequel il se retrouve appuyé contre son arrêt.

249. Les indications des cylindres donnent l'angle que l'aimant (ou la droite qui joint les pointes) fait avec le méridien magnétique, savoir :

$$A + \frac{1}{2} a\,(N - S);$$

la valeur de la torsion étant

$$T + \frac{1}{2} q\,(N - S),$$

la vraie déclinaison sera, en désignant par C la somme constante A + T,

$$C + \frac{1}{2}(a + q)\,(N - S).$$

250. La disposition de l'instrument d'intensité est, au point de vue mécanique, exactement la même que celle de l'instrument de déclinaison. La

seule différence porte sur l'appareil magnétique, et consiste dans l'adjonction de la règle qui porte les aimants déviateurs; ceux-ci sont placés de façon à écarter l'aimant mobile à environ 40 degrés du méridien.

Comme le système de compensation que nous avons fait connaître (n° 192) ne peut pas s'appliquer aux gros aimants, M. Lamont y a substitué le suivant (fig. 43).

Les aimants sont ajustés aux cylindres cb, $c'b'$. Ces cylindres sont portés par une pièce de bois AB, et mobiles sur des pivots aa'. Au-dessous des pivots on a placé entre les cylindres cb, $c'b'$ un tube de zinc ff', contre les extrémités duquel sont pressés les cylindres verticaux cb, $c'b'$ au moyen des ressorts de laiton hh'.

Lorsque la température s'élève, le tube de zinc s'allonge et rapproche les deux aimants d'une quantité convenable pour compenser la perte qu'ils éprouvent.

Soient $M(1-\alpha t)$ et $M'(1-\alpha' t)$ la diminution des moments magnétiques, dont α et α' sont les coefficients; soit β le coefficient de dilatation du zinc. Le rapprochement effectué sera de chaque côté :

$$\frac{1}{2} ff' . \beta . \frac{ac}{af} .$$

Soit $\frac{ac}{af} = k$, $ff' = c'c = 2e$, φ la déviation; on aura

$$Xe^3 (1-\beta kt)^3 \sin \varphi = M(1-\alpha t) + M'(1-\alpha' t).$$

Posons

$$M + M' = \mu, \quad \frac{M\alpha}{\mu} + \frac{M'\alpha'}{\mu} = \Delta.$$

Pour compenser l'influence de la température, on doit avoir :

$$(1-\beta kt)^3 = (1-\Delta t, \quad \text{ou} \quad 3\beta kt = \Delta.$$

Pour un aimant de 500 grammes, on peut poser :

$$\Delta = 0{,}0008, \quad \text{et comme} \quad \beta = 0{,}000039, \quad k = 6{,}84.$$

C'est d'après ces données que fut construit l'appareil qui fonctionne à Munich (*).

251. La réduction des observations se fait de la manière suivante : Soient N′ et S′ les indications des cylindres, l'angle que l'aimant fait avec le méridien magnétique sera :

$$A' + T' - A - T + \frac{1}{2}\left(a' + \frac{q'}{\cos\varphi}\right)(N' - S') - \frac{1}{2}(a + q)(N - S),$$

et comme $A' + T' - A - T = \varphi$, on aura (v. n° 265) :

$$\frac{dX}{X} = \frac{1}{2}\frac{\left(a' + \frac{q'}{\cos\varphi}\right)(N' - S') - (a + q)(N - S)}{\operatorname{tang}\varphi}.$$

Lorsque l'on aura déterminé a, a', q, q' et φ, on aura les coefficients des valeurs observées $N' - S'$ et $N - S$, ou plutôt marquées par l'appareil.

252. L'instrument d'inclinaison consiste en une aiguille libre déviée du méridien magnétique par deux barres de fer doux soumises à l'induction terrestre. La disposition est représentée (fig. 46) : les deux barres de fer doux sont suspendues à une traverse de bois AB, par des fils de laiton *ab* et *cd*.

Les barreaux de fer doux ne sont pas simples, mais doubles et reliés par des règles de cuivre. La traverse AB est mobile, pour pouvoir mettre les barreaux à une distance telle que leur effet sur l'aiguille mobile soit exactement le même de part et d'autre.

Le mécanisme pour l'enregistrement est toujours le même.

§ 2. *Instruments automatiques projetés par* M. Gloesener.

253. Nous venons de voir que les appareils auto-enregistreurs de Munich sont directement activés par des mouvements d'horlogerie. Bien que le temps nécessaire à l'enregistrement soit très-court, et ne porte en lui-même aucun

(*) *Mém. de l'Acad. de Munich*, t. VI, p. 409.

préjudice à l'exactitude des notations, on a pu craindre qu'un défaut dans l'échappement ne produisît quelque choc nuisible, susceptible de fausser la position de l'aiguille au moment où elle se marque. Il est vrai de dire que l'expérience prolongée des appareils de M. Lamont a pu bannir cette appréhension. Néanmoins, le savant physicien à qui le télégraphe est redevable d'un de ses plus remarquables perfectionnements, et qui a consacré tant de veilles et de méditations au progrès de la chronographie, M. le professeur Gloesener, a aussi dirigé son attention sur les appareils destinés à l'étude du magnétisme terrestre.

Un axe fileté tourne d'un mouvement uniforme (une révolution en 24 heures, produite par un moteur à horloge), et reçoit par le fait même de sa rotation un mouvement progressif, comme le chariot d'un tour parallèle.

Sur cet axe est ajusté un cylindre dont le diamètre doit être proportionnel au nombre d'enregistrements que l'on désire; ce cylindre porte un disque marquant les heures, les minutes, et les fractions de minutes, si on le juge nécessaire. Une feuille de papier entoure le cylindre; elle est divisée par des lignes droites parallèles aux génératrices de cylindre, en autant de compartiments que l'on doit avoir d'enregistrements dans les 24 heures; soit 24, 48, 96..... 1440, suivant que les notations devraient être faites toutes les heures, toutes les demi-heures, toutes les quinze minutes, ou toutes les minutes. Il est clair que l'inventeur n'a ici en vue que la possibilité de ces notations si fréquentes, et non pas leur utilité; cependant, si les marques nombreuses et fréquentes étaient possibles sans confusion, sans superposition ni arrêts, la courbe des variations se dessinerait, pour ainsi dire, d'elle-même, ainsi que les points singuliers représentant les perturbations, et la loi du phénomène apparaîtrait tout entière aux yeux. L'avantage qui en résulterait est incontestable.

L'aiguille de déclinaison est disposée au-dessus du cylindre, de manière que son axe de rotation soit dans le plan vertical de l'axe de rotation. L'extrémité de l'aiguille porte un réservoir conique à pointe très-fine, mais ouverte, constamment entretenue d'encre limpide et fluide : cet encrier écrit lui-même, lorsque la pointe s'abaisse sur le papier.

Un courant interrompu et rétabli périodiquement par un rouage spécial,

que l'auteur désigne sous le nom d'*établisseur*, incline l'aiguille dans son plan vertical au moment où l'état de la déclinaison doit être noté. Une combinaison de conducteurs permet de donner à l'abaissement du pôle écrivant une grande vitesse, ce qui importe dans ce genre d'application. Il va sans dire que l'aiguille, après avoir enregistré sa position, devra être relevée tout aussi rapidement. Il importe, en effet, qu'elle soit rendue promptement à la liberté, c'est-à-dire aux influences naturelles : nul doute que l'ingénieux inventeur qui a su équilibrer d'une façon si heureuse l'enregistrement télégraphique, ne parvienne à résoudre aussi complétement cette partie du problème.

Pour appliquer le même mode d'enregistrement à l'inclinaison magnétique, M. Gloesener dispose la boussole dans un plan vertical latéral au cylindre. On doit prévoir dans ce cas un peu plus de difficulté que pour l'inscription de la déclinaison; peut-être serait-il plus avantageux de se servir encore de l'aiguille horizontale, déviée par des barreaux de fer doux? Nous ne pouvons toutefois rien préjuger avant de connaître exactement ce procédé qui n'a été décrit que sommairement, dans une revue française (*).

§ 3. *Enregistreurs photographiques.*

254. La représentation graphique continue des phénomènes magnétiques et météorologiques est obtenue automatiquement à Greenwich, par le secours de la photographie. Voici sommairement les principaux éléments de ce genre d'appareils.

Imaginons un papier préparé et enroulé sur un cylindre de verre ou d'ébène de 11 1/2 pouces de long et de 14 1/2 pouces de circonférence, noirci à l'intérieur. Une extrémité de ce cylindre est terminée en hémisphère; l'autre est recouverte d'un disque métallique centré sur un tourillon portant une manivelle.

Les deux bords du papier qui se recouvrent un peu, adhèrent suffisamment par leur humidité. Ce cylindre et son papier sont recouverts d'un

(*) *Les Mondes*, par M. l'abbé Moigno, 1870.

second cylindre de même forme qui s'emboîte sur le bord extérieur du disque qui ferme le premier. L'axe du disque et le cylindre extérieur sont posés sur des galets; la manivelle est entraînée par l'aiguille des heures d'une horloge de grandeur ordinaire, mais solidement construite.

Si, au lieu d'un cylindre de verre, on se sert d'un cylindre d'ébène, celui-ci est porté sur deux tourillons et reçoit son mouvement de l'horloge galets.

par l'intermédiaire de deux roues dentées : les tourillons reposent sur des

Ce cylindre fait donc une révolution en 12 ou en 24 heures.

On emprunte la lumière à une lampe à gaz de houille, chargé de vapeur de naphte; elle est placée un peu en dehors de la ligne droite tracée du miroir concave porté par l'aimant, au milieu du papier photographique.

En avant de la lampe est un écran percé d'une petite ouverture de $\frac{5}{10}$ pouce de haut et $\frac{1}{100}$ pouce de large; cet écran est fixé au pilier qui supporte l'appareil magnétique. La lumière de l'ouverture tombe sur le miroir concave fixé à la suspension de l'aimant, et participant à tous ses mouvements angulaires. Ce miroir renvoie la lumière venant de la lampe à travers la petite ouverture vers un point de la surface du papier; mais la forme de cette ouverture, et l'aberration, allongent l'image dans le sens vertical, et la courbent un peu. On la réduit à une étendue très-petite, et circulaire, presque à un point, par une lentille convergente cylindrique, dont l'axe est horizontal. Ce point lumineux suit les mouvements à enregistrer dans la direction de l'axe du cylindre, pendant que celui-ci tourne.

Lorsque le papier est développé, il offre une représentation exacte et géométrique du phénomène. L'axe des temps est représenté par la circonférence du cylindre rectifiée et divisée en 24, 48, ... parties; tandis qu'une perpendiculaire à cette ligne représente la vitesse du mouvement à chaque instant. — La ligne des temps est tracée par une lumière qui projette un pinceau lumineux direct sur ce cylindre, et trace en 24 heures un cercle entier.

255. Le principe général de cette disposition s'applique, à Greenwich, à l'aiguille de déclinaison, et à celle d'intensité horizontale bifilaire. La trace lumineuse représentant les positions de chaque instrument est prise sur un

même papier : du côté sud, vers l'extrémité ouest du cylindre, pour la première aiguille; du côté nord, vers l'extrémité est, pour la seconde. Il faut donc deux échelles du temps dont les points *zéro* correspondent aux extrémités d'un même diamètre du cylindre, c'est-à-dire à une distance de 6 ou de 12 heures, suivant que la révolution du cylindre s'opère en 12 ou en 24 heures.

Elle s'applique aussi à l'aiguille d'inclinaison, avec cette différence que le cylindre est vertical au lieu d'être horizontal (*).

Ces appareils fonctionnent depuis environ vingt années à l'Observatoire de Greenwich.

256. Depuis 1846, M. Ronalds, sous le patronage de la Société britannique pour l'avancement des sciences, a installé à Kew un « magnétographe de la déclinaison et de la force horizontale; » en 1848, il a introduit à Toronto un magnétographe de la force verticale (**). »

Dans ces appareils, la feuille sensible (plaque d'argent ou papier photographique) n'était pas enroulée sur un cylindre tournant; elle était plane, fixée dans un châssis, et glissait dans des guides, toujours sous l'impulsion d'une horloge. Le rayon lumineux, au lieu d'être réfléchi par un miroir fixé au centre de rotation de l'aimant, est transmis à travers une fente étroite ménagée dans un écran léger, mobile avec l'aimant.

Depuis une quinzaine d'années le châssis à marche rectiligne est remplacé à Kew par des cylindres tournants comme à Greenwich; et lors de la visite que nous avons faite à cet établissement, nous avons appris que le même dispositif est adopté à Aberdeen, Armagh, Falmouth, Glascow, etc.

257. Dans tous les cas, la préparation de la plaque ou du papier est une opération très-importante; car une lacune dans la trace lumineuse est irré-

(*) *Results of the magnetical and meteorological observations made at the royal Observatory*, Greenwich (1866). — Voir aussi la Description des appareils photographiques employés et organisés par M. Charles Brooke, à l'Observatoire de Greenwich (1852).

(**) *Descriptions de quelques instruments magnétiques*, etc., par Francis Ronalds. Paris 1855. (Imprimé *pour l'auteur*, par l'imprimerie française et anglaise Brière et C^ie^, rue S^te^-Anne, 55.) — M. Ronalds n'a pas seulement appliqué la photographie aux observations magnétiques, mais aussi aux phénomènes météorologiques en général, tels que température, pression atmosphérique, état électrique, etc.

parable, surtout si cette lacune correspond à une de ces perturbations vives et rapides, qu'il est si intéressant de connaître. Pour assurer l'enregistrement de ces phénomènes irréguliers, qui ont tant de chances d'échapper à l'observation directe et intermittente, on insiste sur la nécessité de rendre la surface du papier ou de la plaque aussi sensible que cela se peut, sans que cette surface perde la faculté de conserver pendant un temps suffisant la trace du rayon lumineux. Le trait doit être délié et exempt des taches que pourrait occasionner l'aberration chromatique. A cet effet, la fente par laquelle entre le rayon lumineux est très-limitée : mais cela diminue nécessairement la durée de l'action sur un point donné de la surface sensible, en même temps que la quantité de lumière introduite : ces inconvénients ne peuvent être compensés que par une grande rapidité de l'effet chimique, c'est-à-dire une grande sensibilité du papier. La propreté des manipulations, le choix du papier et la pureté des réactifs sont des conditions sans lesquelles la méthode peut échouer et perdre tous ses avantages : le but de ces dispositifs délicats est de substituer la *continuité* à l'intermittence des observations, et aucun autre procédé plus simple ou plus facile n'a pu l'atteindre jusqu'à présent.

258. Malgré les difficultés à surmonter, difficultés que M. Lamont, si habile et si persistant dans ses recherches, paraît avoir redoutées, M. Ronalds a produit sur un papier ordinaire des courbes très-complètes, et grâce aux soins des opérateurs, les appareils ne paraissent pas avoir failli à leur importante mission. Le cabinet magnétique de Florence possède aussi un enregistreur photographique. Celui de Paris, après un fonctionnement satisfaisant de plusieurs années, y a renoncé momentanément, à cause de la dépense.

CHAPITRE V.

OBSERVATOIRES DE MUNICH ET DE BRUXELLES.

259. L'idée d'observer à grande distance les mouvements de l'aiguille horizontale à l'aide d'un miroir, due à Poggendorf, et les belles recherches de Gauss, ont inauguré dans l'histoire du magnétisme terrestre une époque de grande précision dans les mesures.

Les instruments perfectionnés, d'après des indications théoriques certaines, se sont rapidement propagés, et bientôt, à l'appel de Humbolt et de la Société royale de Londres, les Gauss, les Hansteen, les Kupffer, les Lloyd, les Quetelet, les Sabine, etc., etc., unirent leurs efforts pour organiser, tant en Europe que dans les possessions anglaises et russes et en Amérique, un bel ensemble d'observations régulières.

Parmi les nombreux observatoires qui furent fondés depuis 1833 jusqu'à 1841, plusieurs se distinguèrent par l'amélioration des méthodes et des appareils : après Göttingue il faut citer Dublin, Greenwich, Munich.

260. Dans le dernier de ces établissements, le savant Dr Lamont s'est constamment attaché à faciliter le maniement des appareils, et à simplifier les calculs; en un mot, à gagner du temps sans préjudice pour le degré d'approximation que réclament, avant tout, les résultats. Après avoir décrit ses instruments à enregistrement automatique, dont l'importance ne saurait être mise en doute, nous croyons bien faire de donner une idée complète de l'Observatoire de Munich, d'après un document qui se trouve dans les annales publiées par le directeur.

261. Les figures 46 et 47 sont destinées à représenter les différentes parties qui composent la suspension d'un aimant horizontal.

Les cages des aimants sont actuellement formées :

1° D'un cercle solide de laiton muni de trois vis calantes;
2° De deux capsules de verre qui contiennent entre elles l'aimant;
3° D'une chambre à peu près cubique qui contient le miroir;
4° D'un tube de laiton qui contient le fil de suspension.

Le cercle passe sous les pôles à une distance suffisante pour ne pas exercer d'attraction sensible, quand même il contiendrait un peu de fer; cette attraction n'existerait que si la proportion de fer dans le cuivre était exagérée : alors il faudrait la faire entrer en ligne de compte dans les calculs.

Les capsules de verre aa' (fig. 47) sont scellées à la cire et maintenues par des douilles de laiton très-courtes, serrées sous la boîte du miroir cc' : cette fermeture suffit pour empêcher les oscillations de l'air de se communiquer à l'aiguille. La boîte est fermée latéralement par des parois de laiton; en avant, du côté de l'observateur, par une plaque de glace bien plane; en arrière, par une feuille de verre ordinaire.

Au-dessus de la boîte s'élève le tube RR : à la partie supérieure est un crochet en laiton de $1\frac{1}{2}$ pouce de longueur, terminé par une tige filetée k, et retenu latéralement par une vis de pression p. (Voir la coupe fig. 47.)

L'aimant est composé de trois lames de ressort séparées au milieu par de petites plaques de cuivre; il porte un miroir rond de 8 lignes de diamètre, serti dans une bague de cuivre. A cette bague est soudée une queue cylindrique qui vient s'attacher au fil de suspension; cette queue est assez flexible pour permettre de régler la direction du miroir par rapport au plan vertical, sans changer l'horizontalité de l'aiguille.

Les boîtes et les aimants des trois instruments de variation sont identiques. Tandis que l'aiguille de déclinaison est dans le méridien, celle d'intensité est déviée par le déflecteur DD′ (fig. 48) et celle d'inclinaison par les barres de fer doux EE, E′E′ (fig. 49).

Le déflecteur d'intensité DD′ (fig. 48) est en bois, de droit fil et verni; il porte deux aimants compensés ns et $n's'$; on en règle la distance par les vis h et h' dont les écrous s'appuient sur des lames de ressort interposés. Ces lames sont en laiton.

Le déflecteur DD′ peut glisser suivant sa longueur pour être mis au point où les deux aimants agissent également, c'est-à-dire où la déviation est minima. (Voir n° 239.)

Les barres de fer doux EE, E′E′ de l'appareil d'inclinaison (fig. 49) sont composées de trois lames vissées ensemble et séparées par des cales de laiton.

Elles sont suspendues par des fils de laiton, qui passent sur des blocs de bois A et B, et dont les bouts sont attachés en a, b, et en c, d.

L'extrémité inférieure E du barreau le plus haut est à un pouce environ en contre-bas de l'aiguille, et l'extrémité supérieure du barreau le plus bas est d'un pouce en contre-haut : c'est ainsi que l'effet est le plus énergique. Pour obtenir l'égalité d'effet, on fait glisser les blocs A et B sur la tringle de bois CD, jusqu'à ce que la déviation soit minima.

La traverse CD est soutenue par deux colonnes de laiton P et Q solidement attachées au pilier en pierre; des vis de rappel F et G permettent de régler la hauteur des barreaux, en relevant ou abaissant la tringle. Ces colonnes sont assemblées de manière à former un système suffisamment rigide.

La largeur du pilier ne dépassant pas l'emplacement du cercle à vis calantes, les barreaux peuvent être rapprochés de l'appareil autant qu'il est nécessaire.

Pour enlever les aimants de leurs boîtes, il faut d'abord desserrer les capsules; pour cela on dévisse le couvercle inférieur (fig. 46^{bis}).

262. Les lunettes, avec leurs échelles et leurs miroirs réflecteurs pour éclairer les échelles, sont montées sur un support unique, cylindrique, en cuivre, solidement fixé sur un pilier de pierre; le long de ce support cylindrique glissent trois consoles, dont une est représentée dans la figure 50. On arrête ces consoles au moyen des vis de serrage cc' (fig. 50). La lunette est appliquée contre cette pièce; l'échelle SS est fixée vers l'extrémité; on règle sa position par deux mouvements croisés, un horizontal et un vertical; le miroir M est placé en arrière avec sa tige p, que l'on cale au moyen de la vis q.

Ordinairement chaque lunette a son pilier, ou du moins les trois lunettes sont disposées séparément sur une grande plate-forme de cuivre, et chacune a sa colonne. Elles sont alors plus faciles à régler. M. Lamont considère qu'il est préférable de sacrifier un peu plus de peine à l'ajustement préalable, en vue des facilités qui en résultent plus tard.

En effet, les lectures ne pouvant être faites simultanément, il faut réduire, autant que possible, l'intervalle qui les sépare; or, dans le système actuel,

quelques secondes suffisent, parce que, à de rares exceptions près, les aimants sont toujours calmes; et comme la variation de l'intensité ne produit pas d'oscillation, on peut se passer des plaques modératrices ou des aimants modérateurs dont l'usage est difficile.

Au-dessous des trois lunettes, et sur le même pied, s'en trouve une quatrième, c'est la lunette de sûreté que l'on dirige sur la mire fixe pour vérifier la position générale du pilier.

Le pilier de la lunette et celui de l'instrument de déclinaison sont en face l'un de l'autre dans la direction du méridien magnétique; le pilier de l'instrument d'intensité est à droite, et celui de l'inclinaison est à gauche, de manière à ce que l'aiguille d'intensité est déviée de 50 à 60 degrés, et celle d'inclinaison de 20 à 30. (Voir fig. 51.)

263. Comme les mouvements de l'aiguille d'intensité et de celle d'inclinaison dépendent du mouvement du méridien, celui-ci doit être noté, et soustrait pour connaître les variations de l'intensité et de l'inclinaison. Pour exprimer ces variations, le journal d'observation est ainsi libellé :

JOURS.	HEURES.	DÉCLINAISON.	INTENSITÉ.		INCLINAISON.	
			Lecture.	Position.	Lecture.	Position.
1	7h	24d1	20d1	- 4d0	22d3	- 1d8
	8	23 3	18 0	- 5 8	22 7	- 1 1
	9	25 2	17 3	- 7 9	25 0	- 0 2

Pour l'intensité et l'inclinaison, le mot *lecture* signifie le nombre donné réellement par l'échelle; le mot *position* est le nombre qui aurait été lu si le méridien magnétique n'avait pas varié.

La position de l'intensité est égale à la lecture de l'intensité, moins la lecture de la déclinaison; — la position de l'inclinaison est égale à la lecture de l'inclinaison, moins la lecture de la déclinaison. — Il est bien entendu que les divisions de chaque échelle doivent être réduites en divisions angulaires.

264. Voici quelques détails sur les instruments destinés à la déclinaison et à l'intensité absolues :

La boîte de l'aiguille de déclinaison (fig. 52) est un fort bloc de bois, dans lequel on pratique une cavité de 7 pouces de long, de 6 pouces de haut et de 2 1/2 pouces de large. Le tube R du fil de suspension pénètre dans la paroi supérieure; les parois antérieure et postérieure de la cavité sont bouchées par des plaques de glace, l'une pour laisser voir le miroir, l'autre pour décrocher et retirer l'aiguille.

Dans la figure 52, C est l'ouverture ronde par laquelle on voit le miroir S; *ns* et *n's'* sont deux aiguilles. Ces dernières sont vues à part dans la figure 52^{bis} : elles portent deux crochets pour le retournement.

L'étrier de suspension est formé de deux œillets perpendiculaires entre eux (fig. 52^{ter}). L'œillet inférieur est saisi par un des crochets de l'aiguille; l'œillet supérieur est destiné à être traversé par une cheville, pénétrant à travers le tube, pour empêcher le fil de tourner.

Pour détordre le fil, on y suspend durant plusieurs jours une masse dont le poids est égal à celui de l'aimant. Avant d'enlever ce poids, on passe dans l'œillet supérieur la cheville dont nous avons parlé. Il peut encore arriver, malgré cela, que l'étrier ou les œillets ne soient point parallèles au méridien magnétique, et que l'aimant torde encore le fil d'un quart de révolution. Mais cette torsion, que l'on peut du reste amortir à l'œil, ne produit pas un effet d'un dixième de minute sur la déclinaison; il est préférable de l'éliminer par la répétition des observations, aussi bien que d'autres erreurs.

La mire de repère est le fil d'un cercle méridien (n° 178), mais en même temps l'on peut pointer la lunette sur une seconde mire formée par l'angle d'une tour éloignée.

265. Pour la composante horizontale de l'intensité, M. Lamont se servait d'abord d'un appareil composé d'une règle de 1200 millimètres, fixée à l'alidade d'un cercle horizontal de 2 1/4 pieds de diamètre. Cette règle pouvait se diriger du nord au sud, ou de l'est à l'ouest; la boîte de l'aimant, de 100 millimètres de longueur, était fixée au milieu de la règle et centrée sur

l'alidade; celle-ci portait, en outre, une petite lunette. Aujourd'hui M. Lamont se sert d'un grand théodolite représenté figures 53, 54, 55, 56.

Sur le pied PP est assujetti un cercle divisé KK (fig. 54), portant une alidade avec deux microscopes MM′ (fig. 53), et la règle de déviation AB. Sur celle-ci est appliqué un support mobile avec la boîte de l'aimant *pq*, la lunette F et son contre-poids Q.

La figure 54 montre la coupe du pied P et du cercle K; la figure 55 montre l'alidade et la règle AB avec leur axe conique *fg* qui doit passer dans la boîte *ce* (fig. 54), et venir s'appuyer sur la traverse *hk*. Cette traverse peut être un peu élevée ou abaissée au moyen d'une vis de rappel *s*; on règle sa hauteur de telle sorte que le cône *fg* puisse se mouvoir sans toutefois ballotter, ce qu'il faut de temps à autre vérifier.

L'axe est ajusté au milieu de la règle, ainsi qu'un manchon destiné à porter les microscopes et leur vis micrométrique, et à servir de point d'appui aux étançons *lm*, *l′m′* qui empêchent très-efficacement la flexion de la règle.

L'un des microscopes est en vue sur la figure 53; ils glissent verticalement dans leurs douilles pour être mis au point convenable à la vue de l'observateur, et sont ensuite fixés par des vis de pression. Les douilles font partie d'étriers munis aussi de rappels, pour placer d'abord les microscopes, à la distance angulaire d'environ 180° l'un de l'autre; on achève de les y mettre par de petits mouvements micrométriques formés par des crémaillères dont le pas correspond à 10 minutes, et par une vis dont la tête mesure la minute, et permet d'apprécier un dixième.

Les petits mouvements du manchon sont produits par la vis micrométrique *g* appliquée à l'extrémité du bras *dd*. Une spirale contenue dans le tube *f* sert de contre-pression; et quand l'appareil est au point, on le cale par la vis *h*.

Au-dessus de la règle, et toujours au milieu, s'applique l'appareil magnétique mobile. Le support est retenu par les vis de pression *u* et *v* (fig. 56); il soutient : 1° la boîte dans laquelle est suspendu un petit aimant composé de 4 lames, avec son miroir; 2° la lunette F munie d'un prisme à réflexion totale *r* pour éclairer le réticule, et 3° le contre-poids Q de la lunette.

Ainsi la règle est liée à l'alidade, et le support peut à volonté tourner indépendamment de l'alidade, avant d'être calé par les vis de pression. L'aimant qui forme un angle de 45° avec son miroir est donc dirigé perpendiculairement ou parallèlement à la règle, suivant que la lunette est dans la position représentée figure 56, ou dans la position de la ligne ponctuée CD.

Cette construction facilite beaucoup l'installation exacte du théodolite. Soit α l'angle de la mire avec le méridien magnétique, compté du nord à l'ouest; soit c la lecture du vernier de l'alidade quand on vise cette mire avec la règle; celle-ci sera perpendiculaire au méridien quand on aura placé le vernier au point du cercle $c - \alpha + 90$; et elle sera parallèle au méridien en amenant le vernier au point $c - \alpha$.

Le support de la boîte magnétique sera, dans les deux cas, dans une bonne direction, quand il amènera la lunette perpendiculaire au miroir : alors il y a coïncidence entre le réticule et son image réfléchie par le miroir. Dans cette condition l'aiguille est perpendiculaire à la règle, quand celle-ci est dirigée de l'est à l'ouest, et parallèle à la règle quand celle-ci va du nord au sud.

266. Il s'agit de placer l'appareil magnétique bien verticalement pour que le milieu de l'aiguille corresponde au centre du cercle, et au milieu de la règle. A cet effet, la plaque qui forme le fond de la boîte ne touche le support qu'en un point placé à l'arrière; en avant sont deux vis calantes, et entre celles-ci un ressort, diamétralement opposé au point d'appui fixe; ils forment ensemble un axe mobile, et l'on comprend aisément que les deux vis calantes peuvent faire pencher l'appareil en avant et en arrière; tandis qu'une seule le fera pencher de côté. Ce système de rappels est très-rapide.

267. L'annulation de la torsion est un travail assez laborieux, d'autant plus que les aiguilles sont plus petites. La torsion est assez considérable au commencement; mais à la fin elle diminue à cause de l'imparfaite élasticité du fil; au bout d'une heure déjà, le changement est sensible. On rend l'erreur très-faible par une ou deux révolutions dans le sens indiqué par la déviation.

La correction rigoureuse ne se trouve qu'au moyen de déviations : il faut déterminer l'arc de déviation, et chercher quelle serait l'indication du vernier si la torsion n'existait pas. On place le théodolite dans cette position, et l'on fait tourner le fil de suspension jusqu'à ce que le réticule coïncide avec son image.

Si, outre les positions du vernier correspondantes aux déviations, on lit celle qui correspond à la direction naturelle de l'aimant mobile, on aura tous les éléments nécessaires pour évaluer la torsion dans le calcul de l'intensité; et les modifications survenues dans l'intervalle pourront toujours être corrigées. Remarquons ici que si, théoriquement, la torsion, grande ou petite, n'a jamais d'influence sur la mesure de l'intensité, l'imparfaite élasticité du fil ne permet pas de négliger une torsion trop considérable.

268. Pour expérimenter, on ne place pas l'aimant immédiatement sur la règle, mais sur un chariot (fig. 59); et les distances sont mesurées par deux index placés sous les loupes P et Q. Lorsque la règle est dirigée dans le sens est-ouest, l'aimant est fixé dans la position NS; dans le sens nord-sud, il est placé suivant N'S'. On le serre au moyen des vis *cdef*.

269. On sait que M. Lamont a fait de nombreuses excursions magnétiques, tant dans le royaume de Bavière, que dans plusieurs parties de l'Allemagne, et dans le sud-ouest de l'Europe. Son théodolite de voyage ressemble à celui que nous venons de mentionner; seulement il est de dimensions plus petites; l'aimant est un peu plus grand et sert en même temps à mesurer la déclinaison; la règle de déviation est plus courte, et les déviations observées ne comportent qu'une seule distance. Voici les plus importantes modifications que le docteur Lamont a introduites dans l'appareil pour ses expéditions de 1856 et 1857 en Espagne.

Le cercle K (fig. 57) est immobile sur le pied F; l'alidade AA est mobile et porte la boîte de l'aimant ainsi que la lunette. L'axe EE de l'alidade est conique et repose dans une douille conique; son extrémité inférieure était autrefois soutenue par un ressort; ce dernier est remplacé par une traverse rigide *aa*, contre lequel l'axe est pressé par le ressort *ff*. Une vis de pression *bb* permet de régler la position de la traverse de telle sorte que l'axe remplisse exactement sa douille conique, et ne puisse pas y ballotter. Cette

condition est essentielle, car autrement le retournement de l'aimant de déviation changerait la position de l'aiguille libre. Or les formules que nous avons exposées supposent que le centre de celle-ci est toujours au même point de la règle, pendant que l'aimant de déviation est changé de place.

La lunette est sur un axe horizontal de 3 1/5 pouces de long, dont les deux tourillons sont maintenus dans leurs coussinets par les ressorts IIII. On donne à la lunette un mouvement vertical au moyen de la vis S. La figure 57bis montre la lunette du côté de l'oculaire, avec son prisme à réflexion totale p, pour éclairer le réticule. Celui-ci est composé de deux gros fils parallèles cd, ef; on vise entre ces deux fils. Par exemple, on pointe le bord du disque solaire entre les deux fils, ou bien l'on observe le passage sur l'un et sur l'autre.

270. Les théodolites sont ordinairement pourvus de deux boîtes, dans l'une desquelles on peut retourner l'aimant, et dans l'autre point; M. Lamont, étant assuré de l'invariabilité de l'aiguille, ne se servait que de cette dernière : cette assurance était fondée sur une expérience de plusieurs années. Les déviations sont observées quatre fois à une seule distance. Les déflecteurs compensés A et B ont été employés plus souvent que les aimants de déviation proprement dits, pour mesurer l'intensité : ils sont appliqués à la même boîte, et n'ont besoin d'être retournés qu'une fois, de sorte que l'observation est complète après deux opérations. Les figures 58 et 59 représentent la forme des déflecteurs et la manière dont ils se placent; ils sont en bois verni, et les aimants sont protégés par des boîtes de laiton recouvertes de blanc, contre l'action directe du soleil.

Les parties essentielles d'un déflecteur compensé, représentées dans les figures 58 et 59, comportent deux étriers de laiton cd, $c'd'$ vissés sur la règle de bois AB, et auxquels sont fixés les aimants M et M'. Chaque aimant est double, c'est-à-dire composé d'un premier aimant trempé au bleu, et à grand coefficient de température, et d'un second trempé raide à faible coefficient, réuni au premier avec les pôles intervertis, sans retoucher : ils sont séparés par une cale de laiton, ou par les étriers mêmes cd ou $c'd'$.

Pour mesurer l'intensité, on place le déflecteur sur la boîte de l'aimant, comme l'indique la figure 58 : on observe deux déviations de l'aiguille libre,

l'une à l'est, l'autre à l'ouest du méridien magnétique, ce que l'on obtient par une rotation de 180° du déflecteur. Une déviation représente la moyenne arithmétique de deux déviations du même côté par un aimant ordinaire.

271. Les déflecteurs facilitent la détermination des constantes magnétiques; mais ils ne donnent point la torsion du fil, et l'on ne peut pas les soustraire à l'excentricité de l'aiguille. Quand même les deux aimants compensés seraient exactement d'égale intensité, la déviation varie dès que l'on penche l'appareil et que l'aiguille libre n'est plus centrée.

La condition d'égalité n'étant qu'approximative au commencement, et des pertes de force ayant nécessité des corrections au système des compensateurs, ces circonstances donnèrent lieu à des essais qui prouvèrent que les erreurs n'étaient pas graves, même en donnant à l'aiguille libre des écarts plus grands que ceux auxquels elle est ordinairement exposée.

272. La figure 60 représente la boîte que l'on place sur le théodolite pour observer les oscillations. Le fil de suspension est renfermé dans le tube *rr*, et attaché à une anse légère qui supporte l'aiguille, et qui est traversée par une cheville *ab* pour l'empêcher de tourner. Cette boîte n'a pas besoin d'être fixée à l'alidade du théodolite; on la place simplement sur le pied et les oscillations sont comptées à l'œil.

273. Pour mesurer l'azimuth du soleil, un petit instrument de passage, représenté par les figures 61 et 62, est placé sur le théodolite. La figure 61 est une vue de côté sans les microscopes : *aa* est l'axe de rotation de la lunette F, et G son contre-poids. H est une vis de pression pour centrer cet instrument sur l'alidade AA du théodolite; *ll* est un niveau à bulle d'air. Les vis de rappel *b* (fig. 62) servent à placer l'axe dans la position horizontale.

Le cercle divisé K′K′ (fig. 61 et 62) est adapté à la lunette F, ainsi que les deux microscopes MM et M′M′ (fig. 62); de sorte que l'on a, à la fois, l'azimuth et la hauteur, sur les cercles KK (fig. 57) et K′K′ (fig. 61 et 62). Pour assurer l'horizontalité des microscopes, on se sert d'un niveau à bulle d'air posé sur de petites plates-formes EE′ (fig. 62).

274. L'appareil est placé sur un trépied formé de tubes de laiton représenté figure 63. Le théodolite est posé sur le triangle *abc* qui assemble les

trois pieds par les vis dd, $d'd'$, $d''d''$: l'un des pieds à vis du support F (fig. 60) pénètre dans une cavité a; le second pied dans la mortaise b, et le troisième sur la face plane c.

Pour les observations on recherche un endroit découvert d'où l'on puisse apercevoir plusieurs clochers ou d'autres points saillants, pouvant servir de mires. On note d'abord les lectures du cercle qui correspondent à ces mires.

La boîte magnétique est ensuite vissée à l'alidade; on lit la division du cercle qui correspond à la déclinaison, ou direction du méridien magnétique : le réticule de la lunette doit coïncider avec son image dans le miroir de l'aimant.

Aux stations ordinaires, on détermine l'intensité à l'aide des déflecteurs M et M′ (fig. 58). Une déviation de déflecteur n'exige que deux pointages, entre lesquels la barre est tournée de 180°. La demi-différence des lectures est le véritable angle de déviation, sans autre correction.

Si l'on employait d'autres aimants pour mesurer l'intensité, il faudrait quatre pointages sur les deux côtés de l'aimant libre, une fois avec le pôle boréal en dedans, une fois en dehors.

Après avoir observé les déviations d'intensité, on détermine l'inclinaison à l'aide de barreaux de fer doux, ou à l'aide de deux paires successivement dans les stations principales. On a soin de marquer les extrémités des barreaux de fer doux pour leur donner toujours la position convenable dans les opérations.

Une mesure d'inclinaison comporte huit pointages. Les barreaux sont assujettis à un anneau qui leur est perpendiculaire, et dont on doit vérifier l'horizontalité avec soin, par trois coups du niveau à bulle d'air.

On termine par une dernière observation de déclinaison; et après avoir enlevé la boîte magnétique, on repointe les mires pour vérifier si l'instrument n'a pas dévié pendant le cours des opérations.

275. Nous avons déjà dit que des observations régulières furent commencées à Bruxelles, en 1828, par M. Quetelet. Les premiers instruments destinés à mesurer la déclinaison et l'inclinaison, choisis chez les meilleurs artistes de Londres, furent placés dans un cabinet séparé de l'Observatoire astronomique, et dont la construction était exempte de fer.

Peu d'années plus tard, le cabinet fut complété par de nouveaux appareils montés tant à Göttingue qu'à Dublin, deux des observatoires où le perfectionnement des moyens marchait de pair avec le travail des observations. M. Quetelet se pourvut d'un magnétomètre unifilaire, d'un bifilaire et d'une balance magnétique : tous ces instruments avaient été confectionnés sous la surveillance des inventeurs eux-mêmes, Gauss et Lloyd (*).

Les trois appareils employés à l'étude des variations furent placés dans l'intérieur de l'établissement au sommet d'un triangle équilatéral de quatre à cinq mètres de côté. Les deux instruments pour mesurer l'intensité horizontale et verticale du magnétisme terrestre sont à la base du triangle du côté sud de l'Observatoire (fig. 64); ces deux aimants sont suspendus horizontalement dans une direction commune et perpendiculaire à celle de l'aimant de déclinaison qui est au troisième sommet au fond de la salle. Cette base du triangle forme avec la face méridionale du bâtiment, parfaitement orienté, un angle de vingt degrés environ. La lunette d'observation est en *a*; l'échelle en *bc*, et une seconde lunette en *e*, un peu plus basse que l'autre, sert à observer l'aimant d'intensité horizontale; *d* est le miroir porté par l'aimant de déclinaison.

Muni de cet ensemble complet, et dont le fonctionnement était assuré par le travail assidu des années précédentes, l'Observatoire de Bruxelles fut prêt un des premiers, avec Berlin, Göttingue, Milan, puis Greenwich et Dublin, à contribuer à l'œuvre immense préparée par de nombreux explorateurs depuis La Pérouse, et fécondée par les Humbolt, les Hansteen, etc. M. Quetelet, par ses voyages en Italie, en Allemagne et dans les Pays-Bas (**), avait déjà fourni sa bonne part aux documents accumulés depuis 1791 (***).

A partir de 1828, ce savant avait observé les variations annuelles du magnétisme de la station de Bruxelles; en 1840 il fit cinq mesures de déclinaison et d'inclinaison par jour, et prit part au système d'observations faites chaque mois, de cinq en cinq minutes, durant l'espace de 36 heures, que Gauss avait recommandé aux observateurs des différents pays; de 1841 à

(*) *Physique du globe*, p. 159.

(**) *Nouveaux mém. de l'Académie de Bruxelles*, t. VI et XIII.

(***) *Mémoire sur les lignes isodynamiques de* Sabine. (Corresp. math., t. XI.)

1847, les observations furent poursuivies jour et nuit, de deux en deux heures, et augmentées de quelques mesures supplémentaires aux heures impaires; depuis 1847 les instruments continuent à être observés quatre fois par jour. Le nombre et l'exactitude des résultats permettent de dire, avec l'auteur de tant de laborieuses recherches, que le pays où l'on s'était le moins occupé de magnétisme avant 1828, a depuis lors dignement comblé son arriéré.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages

PRÉFACE . . . . . I-VI

PREMIÈRE PARTIE.

ÉTUDE DES AIMANTS ARTIFICIELS.

Numéros.

1 à 8. CHAPITRE I. — *Distribution de la force magnétique* 1

9 à 15. CHAPITRE II. — *Induction et conservation du magnétisme.* 5

16 à 30. CHAPITRE III. — *Aimantation* 9

30 à 39. CHAPITRE IV. — *Comparaison des méthodes d'aimantation* 19

40 à 44. CHAPITRE V. — *Instabilité des aimants.* 26

DEUXIÈME PARTIE.

PROBLÈMES RELATIFS A LA RECHERCHE DES ÉLÉMENTS DU MAGNÉTISME TERRESTRE.

45 à 50. CHAPITRE I. — *De la mesure des forces magnétiques* 31

51 à 67. CHAPITRE II. — *Quelques propriétés des aimants simples* 35

68 à 76. CHAPITRE III. — *Moments magnétiques* 49

77 à 107. CHAPITRE IV. — *Oscillations d'un aimant horizontal. — Résistances. — Moment d'inertie* 55

77 à 80. — § 1. Oscillations d'un aimant horizontal . . . . . *ibid.*

81 à 89. — § 2. Résistance de l'air 58

90 à 96. — § 3. Torsion 65

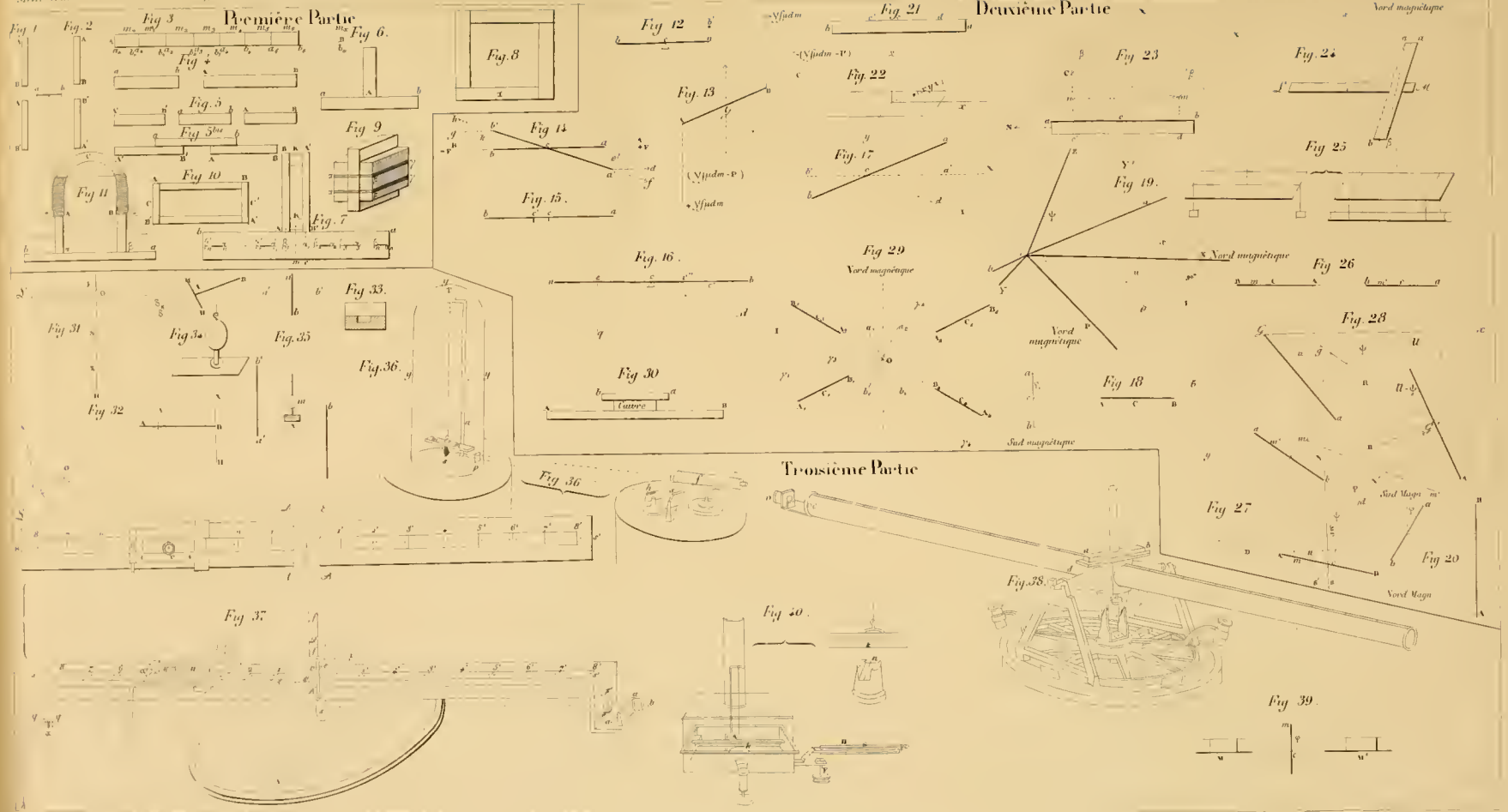
97 à 107. — § 4. Moment d'inertie 69

Numéros.			Pages.
108 à 172.	Chapitre V. —	*Action réciproque de deux aimants*	76
108 à 112.	—	§ 1. Considérations générales	*ibid.*
113 à 120.	—	§ 2. Méthode de Poisson	79
121 à 129.	—	§ 3. Application de la méthode de M. Lamont pour les instruments de voyage	84
130 à 152.	—	§ 4. Méthode de Gauss	92
153 à 161.	—	§ 5. Modification de la méthode de Gauss par M. Lamont.	107
162 à 172.	Chapitre VI. —	*Influence de la température*	112

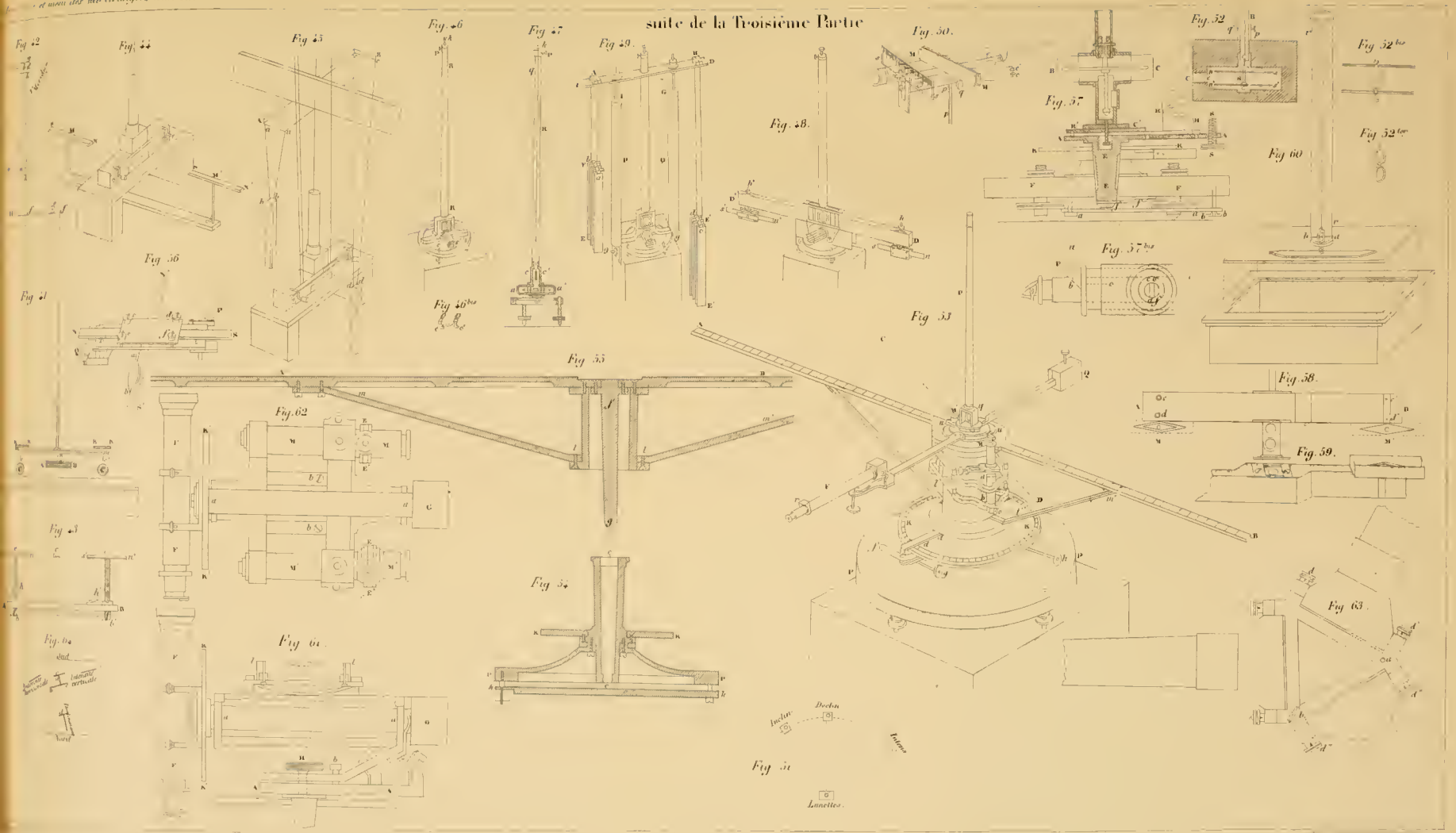
TROISIÈME PARTIE.

ÉTUDE DES PRINCIPAUX APPAREILS MODERNES.

173 à 185.	Chapitre I. —	*Appareils de déclinaison*	119
174 à 179.	—	§ 1. Instruments proposés par Coulomb	*ibid.*
180 à 181.	—	§ 2. Instruments proposés par Gauss	125
182 à 184.	—	§ 3. Appareils de M. Lamont	126
185.	—	§ 4. Loi de la déclinaison en un lieu donné	128
186 à 214.	Chapitre II. —	*Appareils d'inclinaison*	130
186 à 189.	—	§ 1. Inclinaison absolue	*ibid.*
190.	—	§ 2. Inclinateur à oscillations	133
191 à 207.	—	§ 3. Analyse de l'inclinateur; théorie de Gauss.	134
208 à 214.	—	§ 4. Variations de l'inclinaison	147
215 à 243.	Chapitre III. —	*Principaux appareils d'intensité*	155
215 à 229.	—	§ 1. Mesures absolues	*ibid.*
230 à 243.	—	§ 2. Instruments des variations	161
244 à 258.	Chapitre IV. —	*Appareils enregistreurs*	169
244 à 252.	—	§ 1. Enregistreurs mécaniques de Munich	*ibid.*
253.	—	§ 2. Instruments automatiques proposés par M. Gloesener.	174
254 à 258.	—	§ 3. Enregistreurs photographiques	176
259 à 275.	Chapitre V. —	*Observatoires de Munich et de Bruxelles*	180


Première Partie
Deuxième Partie
Troisième Partie
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 5bis
Fig. 6.
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17
Fig. 18
Fig. 19.
Fig. 20
Fig. 21
Fig. 22
Fig. 23
Fig. 24
Fig. 25
Fig. 26
Fig. 27
Fig. 28
Fig. 29
Fig. 30
Fig. 31
Fig. 32
Fig. 33.
Fig. 34
Fig. 35
Fig. 36.
Fig. 36
Fig. 37
Fig. 38.
Fig. 39
Fig. 40.
Nord magnétique
Sud magnétique
Cuivre

suite de la Troisième Partie



DESCRIPTION

DU

TERRAIN SILURIEN DU CENTRE DE LA BELGIQUE,

PAR

C. MALAISE,

Docteur en sciences naturelles, professeur à l'Institut agricole de l'État, à Gembloux, correspondant de l'Académie royale de Belgique, etc.

« Les terrains ardoisier et porphyrique du Brabant » ne paraissent au jour que dans le fond des vallées, » ou sur quelques points isolés, qui sont comme les » sommites d'un ancien monde enseveli sous des » dépôts plus nouveaux »

(J.-J. d'Omalius d'Halloy. — *Coup d'œil sur la géologie de la Belgique*, p. 21. Brux., 1842

MÉMOIRE

en réponse à la question suivante proposée par l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, pour le concours de la classe des sciences de 1869 :

« Il existe dans le Brabant des terrains anciens que Dumont a rangés dans les groupes qu'il appelait » systèmes gedinnien et coblentzien. Des observations paléontologiques ont fait connaître, depuis, qu'une » partie des dépôts dits coblentziens appartiennent au terrain silurien de la géologie actuelle. — On » demande des observations propres à faire connaître la position que les autres parties de ce massif » doivent occuper dans la série des terrains? »

LISTE CHRONOLOGIQUE

DES AUTEURS QUI ONT CONTRIBUÉ A LA CONNAISSANCE DES MASSIFS SILURIENS DU BRABANT, DE SAMBRE-ET-MEUSE ET DE DOUR.

1808. M. J.-J. d'Omalius d'Halloy signale l'existence de roches de la formation ardoisière et de roches porphyriques dans le Brabant. (*Essai sur la géologie du nord de la France.* Journal des Mines, n° 140 et suiv.)

1821. Drapiez traite des mêmes formations du Hainaut. (*Coup d'œil minéralogique sur le Hainaut.* Mémoire couronné, en réponse à cette question proposée par l'Académie royale de Bruxelles :

« Décrire la constitution géologique de la province du Hainaut, les espèces minérales et les fossiles accidentels que les divers terrains renferment, avec l'indication des localités et la synonymie des auteurs qui en ont déjà traité », in-4° avec pl. *Mémoires couronnés de l'Académie de Bruxelles,* t. III.)

1825. P.-F. Cauchy donne des détails sur les affleurements du terrain ardoisier de la province de Namur, appartenant au massif du Brabant. Il signale une bande de la même formation aux environs de Fosses. (Mémoire couronné en réponse à la question proposée par l'Académie royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles :

« Décrire la constitution géologique de la province de Namur, les espèces minérales et les fossiles accidentels que les divers terrains renferment, avec l'indication des localités et la synonymie des auteurs qui en ont déjà traité, in-4°. *Mémoires couronnés de l'Académie de Bruxelles,* t. V.)

1828. M. J.-J. d'Omalius d'Halloy décrit avec soin la bande de terrain ardoisier qui se dirige de Lessines à Jodoigne. (*Mémoires pour servir à la description géologique des Pays-Bas, de la France et de quelques contrées voisines.* Namur, 1828.)

1830. A.-H. Dumont donne quelques détails sur les parties septentrionale et centrale du terrain ardoisier que l'on trouve dans la province de Liége. Il signale l'existence de roches plutoniennes à Hozémont et à Pitet. (*Mémoire sur la constitution géologique de la province de Liége*, en réponse à la question suivante :

« Faire la description géologique de la province de Liége, indiquer les espèces minérales et les fossiles accidentels que l'on y rencontre, avec l'indication des localités et la synonymie des noms sous lesquels les substances déjà connues ont été décrites », in-4° avec cartes. *Mémoires couronnés de l'Académie de Bruxelles,* t. VIII, 1832.)

1830. C.-J. Davreux traite de la partie septentrionale ardoisière de la même province. (*Essai sur la constitution géognostique de la province de Liége.* En réponse à la question proposée par l'Académie royale des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Bruxelles, pour le concours de 1830, savoir :

« Faire la description géologique de la province de Liége, indiquer les espèces minérales et les fossiles accidentels que l'on y rencontre, avec l'indication des localités et la synonymie des noms sous lesquels les substances déjà connues ont été décrites », in-4° avec planches. *Mém. cour. de l'Acad. de Bruxelles,* t. IX, 1833.)

*

1835. Lors de sa réunion extraordinaire à Mézières, la Société géologique de France visite Grand-Manil, et y trouve entre autres fossiles un *Calymene* voisin du *Blumenbachii*. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 1re sér., t. VI, p. 352. Réunion extraordinaire à Mézières.)

1837. H. Galeotti ajoute de nouveaux détails à ceux que l'on possédait sur le terrain ardoisier du Brabant. (*Mémoire sur la constitution géognostique de la province du Brabant*, en réponse à la question suivante :

« Décrire la constitution géologique de la province du Brabant, déterminer avec soin les espèces minérales et les fossiles que les divers terrains renferment et indiquer la synonymie des auteurs qui en ont déjà traité » , in-4° avec planches. (*Mémoires couronnés de l'Académie de Bruxelles*, t. XII.)

1837. A.-H. Dumont communique à l'Académie (Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 1re sér., t. IV, p. 461, *Rapport sur les travaux de la carte géologique pendant l'année 1837*) le résultat de ses observations sur le terrain ardoisier du Brabant. Il y distingue deux systèmes qu'il identifie avec les deux systèmes inférieurs du terrain ardoisier de l'Ardenne, dans lequel il avait établit trois systèmes l'année précédente. (Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 1re sér., t. III, p. 550, *Rapport sur les travaux de la carte géologique pendant l'année 1836*.) Il donne quelques détails sur les roches anciennes et plutoniennes du Brabant.

1838. A.-H. Dumont, à la suite d'un voyage fait en Angleterre en compagnie de MM. d'Omalius d'Halloy et de Verneuil, assimila le terrain ardoisier de l'Ardenne et du Brabant au système Cambrien. Il signala en même temps de nouveaux gites de roches plutoniennes dans l'ardoisier du Brabant. (Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 1re sér., t. V, p. 634. *Rapport sur les travaux de la carte géologique pendant l'année 1838*.)

1841. A.-H. Dumont décrit la bande ardoisière centrale des environs de Fosses et signale, aux environs de cette localité, des fossiles qui ressemblent à ceux de Grand-Manil près Gembloux. (*Rapport sur les travaux de la carte géologique pendant l'année 1841*. Bulletins de l'Académie royale de Belgique, t. VIII, p. 395.)

1842. M. J.-J. d'Omalius d'Halloy donne de nouveaux détails sur le terrain ardoisier. (*Coup d'œil sur la géologie de la Belgique*. Bruxelles, 1842.)

1847 et 1848. A.-H. Dumont publie un remarquable mémoire où il décrit complétement la formation ardoisière qu'il subdivise en deux, l'inférieure ou terrain ardennais et la supérieure ou terrain rhénan, auquel il rapporte les massifs du Brabant, de Sambre-et-Meuse et de Dour. (*Mémoire sur les terrains ardennais et rhénan de l'Ardenne, du Rhin, du Brabant et du Condroz*. Mémoires de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique; 1re partie. Terrains ardennais, t. XX, 1847; 2e partie. Terrain rhénan, t. XXII, 1848.)

1853. M. J.-J. d'Omalius d'Halloy traite du terrain rhénan au même point de vue que Dumont. (*Géologie. Encyclopédie populaire*. Société pour l'émancipation intellectuelle. A. Jamar, éditeur. Bruxelles.)

1857. A.-H. Dumont distingue, dans la carte géologique d'Europe, un terrain rhénan proprement dit ou à faune devonienne = terrain devonien inférieur, dans lequel il range les massifs du Brabant, de Sambre-et-Meuse et de Dour; et un terrain rhénan à faune silurienne = terrain silurien. (Carte géologique de l'Europe Paris. Imprimerie impériale de France.)

1859. Sir Roderick Murchison classe les terrains anciens du Brabant dans le devonien inférieur. (*Siluria.* London, 1859.)

1860. M. G. Dewalque donne une traduction de la partie du *Siluria* qui traite des terrains paléozoïques des provinces rhénanes et de la Belgique. (*Les terrains paléozoïques des provinces rhénanes et de la Belgique.* Revue universelle, t. VII. Liége, 1860.)

1860. M. G. Gosselet trouve des fossiles siluriens à Grand-Manil; il donne plusieurs coupes du massif du Brabant, et subdivise les porphyres de cette région. (*Mémoire sur les terrains primaires de la Belgique, des environs d'Avesnes et du Boulonais.* Paris, 1860.)

1860. M. J. Gosselet décrit la coupe de l'eurite de Grand-Manil. (*Observations sur les terrains primaires de la Belgique, et du nord de la France.* Bulletins de la Société géologique de France. 2e ser., t. XVIII, p. 18.)

1861. M. J. Gosselet signale l'existence de fossiles siluriens à Fosses. (J. Gosselet. *Note sur des fossiles siluriens découverts dans le massif rhénan du Condroz*, 1861. Bulletins de la Société géologique de France, 2e sér., t. XVIII, pp. 538-539.)

1862. M. C. Malaise, à la suite de l'examen des Brachiopodes de Grand-Manil par M. de Koninck, croit qu'ils sont devoniens. (*De l'âge des phyllades fossilifères de Grand-Manil près de Gembloux.* Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2e sér., t. XIII, p. 168.)

1862. Rapport de M. G. Dewalque sur la note précédente. (*Ibid.*, p. 118.)

1862. M. J.-J. d'Omalius d'Halloy continue à adopter la classification de Dumont pour les formations ardoisières du Brabant et de Sambre-et-Meuse. (*Abrégé de géologie.* Bruxelles, 1862.)

1862. M. J. Barrande démontre que les fossiles trouvés à Grand-Manil et à Fosses par M. Gosselet appartiennent à la faune silurienne seconde. (*Existence de la faune silurienne seconde en Belgique.* Bulletins de la Société géologique de France. 2e sér., t. XIX, p. 754 et 924.)

1863. M. J. Gosselet déclare n'avoir trouvé à Gembloux aucun fossile devonien, aucune espèce commune avec les schistes de Houffalize. (*Sur les terrains primaires de la Belgique.* Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2e sér., t. XV, p. 171.)

1863. Rapport de M. G. Dewalque sur la note précédente. (*Ibid.*, p. 16.)

1863. Rapport de M. J.-J. d'Omalius d'Halloy sur la note précédente. (*Ibid.*, p. 18.)

1863. M. de Koninck, dans un rapport sur la note précédente, dit n'avoir rencontré à Grand-Manil aucun fossile qui eût l'apparence d'un fossile silurien. (*Ibid.*, p. 19.)

1863. M. G. Dewalque soumet à M. J. Barrande les Trilobites recueillis à Grand-Manil par M. C. Malaise; M. Barrande y reconnait des formes exclusivement silu-

riennes. (*Notes sur les fossiles siluriens de Grand-Manil près de Gembloux.* Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2e sér., t. XV, p. 416.)

1863. M. J. Barrande suppose que la Belgique appartient à la zone silurienne septentrionale. (*Faune primordiale aux environs de Hof en Bavière.* Bulletins de la Société géologique de France. 2e sér., t. XX, p. 481.)

1863. M. J. Gosselet donne quelques détails sur le silurien du Brabant. (*Observations sur les dislocations brusques éprouvées par les terrains primaires de la Belgique.* Bulletins de la Société géologique de France. 2e sér., t. XX, p. 720.)

1863. Le rapport de M. G. Dewalque, secrétaire, sur la réunion extraordinaire à Liége, de la Société géologique de France, décrit la coupe de Grand-Manil. (*Bulletin de la Société géologique de France,* t. XX, 1863. Société géologique de France, Réunion extraordinaire, à Liége, du 30 août au 6 septembre 1863. Rapport du secrétaire M. G. Dewalque. Tiré à part.)

1864. M. F. Fayn continue à placer les formations ardoisières du Brabant, de Sambre-et-Meuse et de Dour dans le rhénan de Dumont. (*André Dumont. Sa vie et ses travaux.* Annuaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liége, t. VI., 2e cah. Liége, 1864. Tiré à part.)

1864. M. C. Malaise reconnaît, dans les terrains primaires du Brabant, l'existence de nouveaux gites fossilifères à faune silurienne. (*Sur l'existence en Belgique de nouveaux gîtes fossilifères à faune silurienne.* Bulletins de l'Académie royale de Belgique. 2e sér., t. XVIII, p. 331. Bruxelles, 1864.)

1865. M. C. Malaise annonce la découverte de nouveaux fossiles siluriens. (*Note sur quelques fossiles du massif silurien du Brabant.* Bulletins de l'Académie royale de Belgique. 2e sér., t. XX, p. 871.)

1866. M. Th. Davidson, mentionne *Strophomena rhomboidalis* à Grand-Manil, près Gembloux [1]. (Th. Davidson, *A monograph of the British fossil Brachiopoda, The Silurian Brachiopoda, Paleontographical Society,* vol. for 1865-1866.)

1868. M. J.-J. d'Omalius d'Halloy donne comme terrain silurien les formations anciennes du Brabant, de Sambre-et-Meuse et de Dour. (*Précis élémentaire de géologie.* Bruxelles, 1868.)

1868. M. G. Dewalque décrit comme siluriennes les mêmes formations, tout en y conservant l'ordre établi par Dumont. (*Prodrome d'une description géologique de la Belgique.* Bruxelles et Liége, 1868.)

1868. M. J.-J. Bigsby cite quelques espèces observées à Gembloux. (*Thesaurus siluricus. The Flora and Fauna of the Silurian period.* London, 1868.)

1869. Dans la 4e édition du *Siluria*, sir R. Murchison traite les terrains anciens du Brabant comme en 1859. Il paraît avoir perdu de vue les travaux qui ont démontré l'existence des terrains siluriens dans cette région.

[1] Par suite d'une erreur typographique, Gembloux est devenu Grimlaux.

AVANT-PROPOS.

TROISIÈME QUESTION POSÉE PAR LA CLASSE DES SCIENCES DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE, POUR LE CONCOURS DE 1869 :

« *Il existe dans le Brabant des terrains anciens que Dumont a rangés dans les groupes qu'il appelait* » *systèmes* GEDINNIEN *et* COBLENTZIEN. *Des observations paléontologiques ont fait connaître, depuis, qu'une* » *partie des dépôts dits coblentziens appartiennent au terrain silurien de la géologie nette.* — ON » DEMANDE DES OBSERVATIONS PROPRES A FAIRE CONNAÎTRE LA POSITION QUE LES AUTRES PARTIES DE CE » MASSIF DOIVENT OCCUPER DANS LA SÉRIE DES TERRAINS ? »

Nous prenons la liberté de soumettre à la classe des sciences le résultat de nos recherches relativement à cette question.

Les terrains anciens du Brabant présentent un grand nombre de difficultés :

1° D'abord, celle de reconnaître et de dénommer les différentes variétés de roches.

2° L'ordre de succession des couches n'est pas facile à établir; il est souvent discutable. Des lacunes, des dislocations cachées, peuvent entraîner à des idées inexactes sur la disposition des couches. Les fossiles ne s'y rencontrent

que dans la partie méridionale, et l'on sait que l'allure des roches et leurs caractères minéralogiques ne suffisent pas toujours pour qu'on puisse fixer leur âge avec sécurité.

3° On ne parvient pas toujours à déterminer d'une façon positive la stratification. Les roches quartzeuses que l'on y rencontre ne présentent que rarement des joints de stratification et les roches schisteuses sont traversées de joints de clivage schisteux, parfois parallèles, le plus souvent obliques à la stratification.

4° Les roches plutoniennes qui ont fait éruption au milieu de ces terrains, sont venues modifier leur aspect minéralogique, produire des phénomènes de métamorphisme et en même temps des changements dans l'ordre de disposition des couches.

Ainsi, les terrains dont nous avons à nous occuper ne permettent de faire que des coupes théoriques. Les espaces boisés, les débris de toute nature qui les recouvrent trop souvent, ne permettent que de figurer quelque chose que le géologue ne pourra jamais affirmer : représenter l'exacte vérité.

DESCRIPTION

DU

TERRAIN SILURIEN DU CENTRE DE LA BELGIQUE.

INTRODUCTION.

A la suite de la réunion extraordinaire de Mézières en 1835, la Société géologique de France visita Grand-Manil, près Gembloux [1]; elle y trouva un *Calymene* voisin du *Blumenbachii*, espèce silurienne, et des fragments de crinoïdes et de brachiopodes appartenant aux genres *Spirifer* et *Strophomena*.

A la réunion de Mézières, le terrain ardoisier fut assimilé par Buckland, en présence de Dumont, au système cambrien [2].

En 1836, Dumont, ayant divisé en trois systèmes le terrain ardoisier, le considéra comme silurien [3]. Onze ans plus tard, en 1847, il divisa cette formation en deux, auxquelles il donna les noms de terrains ardennais et de rhénan. Il assimila ce dernier au devonien inférieur [4]. C'est ce qui fut admis par MM. de Koninck et d'Omalius d'Halloy [5].

[1] *Bull. de la Société géologique de France*, 1re sér., t. VI, p. 352; 1835.

[2] *Loc. cit.*, p. 354.

[3] *Bull. de l'Académie royale de Bruxelles*, 1re sér., t. III, p. 330.

[4] A. Dumont, *Mémoire sur les terrains ardennais et rhénan*, 1re part., Terrain ardennais, p. 6. (Mém. de l'Acad. royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique. t. XX; 1847.)

[5] J.-J. d'Omalius d'Halloy, *Abrégé de géologie*; 1853.

D'autres, M. Sharpe et sir Roderich Murchison virent du devonien dans le coblentzien, et du silurien dans le gedinnien. M. Hébert démontra plus tard que les fossiles de Mondrepuits, dans le gedinnien de Dumont, étaient devoniens.

Les fossiles des environs de Houffalize, qui appartiennent au devonien inférieur, avaient été pris comme terme de comparaison et Dumont considéra ceux de Gembloux comme étant les mêmes; cependant l'analogie que présentent les fossiles de Fosses et de Grand-Manil l'avait également frappé, et il dit, en parlant de la bande de Sambre-et-Meuse, que les rares fossiles qu'on y trouve ressemblent à ceux de Grand-Manil près de Gembloux.

Tout le monde avait admis avec Dumont l'analogie des massifs rhénans du Brabant et de l'Ardenne. Comme ce dernier avait été reconnu devonien, on admettait la même assimilation pour le premier.

Les choses en étaient à ce point, lorsqu'en 1860 M. J. Gosselet, ayant pris comme sujet d'une thèse l'étude des terrains primaires de la Belgique, des environs d'Avesnes et du Boulonnais [1], vint visiter le gîte de Grand-Manil. Plus tard il visita également Fosses, où Dumont avait signalé des fossiles analogues à ceux de Gembloux; il trouva dans l'un et l'autre gîte des fossiles siluriens.

« En somme, dit M. J. Barrande [2], les fossiles qui nous ont été soumis à deux reprises différentes par M. Gosselet nous autorisent à formuler les conclusions suivantes :

A. Les dépôts de Grand-Manil et de Fosses renferment des couches siluriennes, indubitablement caractérisées comme telles par la présence de quatre genres exclusivement siluriens : *Trinucleus, Calymene, Sphærexochus* et *Hulysites*, et du groupe de *Dalmanites conophthalmus*, également caractéristique de cette période.

B. D'après les analogies connues, les types *Calymene*, *Sphærexochus* et *Hulysites* pourraient aussi bien indiquer la faune seconde que la faune troisième. Mais l'espèce du type *Trinucleus* et celle qui représente le groupe

[1] J. Gosselet, *Mémoire sur les terrains primaires de la Belgique*, etc.; Paris, 1860.

[2] J. Barrande, *Existence de la faune seconde silurienne en Belgique.* (Bull. de la Soc. géol. de France, 2e sér., t. XIX, pp. 758-759.)

de *Dalmanites conophthalmus*, caractérisant uniquement la faune seconde, nous induisent nécessairement à penser que l'ensemble de tous ces fossiles appartient uniquement à cette faune. »

Depuis, nous avons signalé de nouveaux gîtes à faune silurienne, à Grand-Manil, et dans une bande fossilifère qui forme à peu près la bordure méridionale du massif primaire du Brabant, à Fauquez (Ittre), à Chenois (Hennuyères) et à Rebecq-Rognon [1].

Nous sommes en présence ici de deux classifications, celle de Dumont et celle de M. Gosselet.

En 1847, Dumont [2] avait subdivisé la formation ardoisière de M. d'Omalius en deux nouveaux terrains, séparés en Ardenne par une discordance de stratification; il avait nommé l'inférieur, terrain ardennais et le supérieur, terrain rhénan; dans chacun d'eux, il avait établi trois systèmes.

Dumont avait subdivisé en Ardenne, en deux étages, les systèmes gedinnien et coblentzien de son terrain rhénan. Croyant avoir affaire au même terrain dans le Brabant, il avait établi de même quatre divisions dans les deux systèmes qu'il avait cru devoir représenter le gedinnien et le coblentzien. Il suffit cependant de comparer les divisions du tableau ci-dessous, extrait de la légende explicative de la carte de Belgique, pour voir qu'il y avait tout autant de raison pour l'assimiler à l'ardennais.

Terrain rhénan . .	*Système coblentzien*	Grès et phyllades gris-bleuâtre.
	Système gedinnien	Poudingues, grès verts et phyllades rouges, verts ou aimantifères.
Terrain ardennais.	*Système revinien*	Quartzites et phyllades gris-bleuâtre.
	Système devillien	Quartzites blancs ou verts et phyllades rouges, verts ou aimantifères.

On peut certainement trouver des analogies entre les roches du Brabant et celles du silurien de l'Ardenne (terrain ardennais de Dumont) sous le rapport pétrographique. La paléontologie ne permet pas jusqu'à présent d'établir de rapprochements entre ces deux terrains; les rares fossiles que l'on connaît

[1] C. Malaise, *Sur l'existence en Belgique de nouveaux gîtes fossilifères à faune silurienne.* (Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, 2e sér., t. XVIII, p. 551. Bruxelles, 1864.)

[2] A. Dumont, *Mémoire sur les terrains ardennais et rhénan*, 1re part., p. 6.

du silurien de l'Ardenne nous montrent des espèces différentes de celles du Brabant.

L'ordre de succession des couches du Brabant ne peut pas se comparer à celui de l'Ardenne, soit que l'on admette, pour ces dernieres, l'ordre de Dumont ou celui proposé plus récemment par M. Gosselet et par nous.

D'autre part, nous ne pouvons nous empêcher de signaler qu'il existe une grande analogie entre les roches plutoniennes du silurien de l'Ardenne et celles du centre de la Belgique. Ce sont, jusqu'à présent, les seuls terrains où l'on ait trouvé des roches plutoniennes en Belgique.

Quoi qu'il en soit, nous ne chercherons pas actuellement à établir des analogies entre les terrains siluriens du centre et ceux du sud de la Belgique.

En 1860, M. J. Gosselet [1] avait divisé les roches primaires du Brabant en deux catégories. Il avait rangé l'une, formée : 1° de quartzites à la base, et 2° de fausses ardoises, de schistes subluisants et de schistes à *Calymene*, dans le silurien. Quant à l'autre, formée: 1° de schistes argileux tendres à plusieurs plans de division et 2° de quartzophyllade zonaire, il l'avait placée dans le devonien inférieur, mais cette dernière assimilation n'avait été faite qu'avec doute. Aussi, dès 1863 [2], M. Gosselet a-t-il eu soin de la rectifier et de considérer tout le rhénan du Brabant comme silurien.

Tout semble démontrer actuellement que le massif du Brabant est composé de terrains appartenant à une même formation et qu'il est silurien. Les roches elles-mêmes ressemblent plus à celles de l'ardennais (silurien) qu'à celles du rhénan (devonien) de l'Ardenne. Jusqu'à présent, on n'y a rencontré que des fossiles siluriens et pas de fossiles devoniens, et rien de comparable au poudingue de Fepin. Les quelques bancs que Dumont avait décrits comme poudingue, et qui ne présentent d'ailleurs que quelques décimètres de puissance, ne sont que des quartzites à gros grains.

[1] J. Gosselet, *Mémoire sur les terrains primaires de la Belgique, des environs d'Avesnes*, etc., p. 55.

[2] J. Gosselet, *Observation sur les dislocations brusques éprouvées par les terrains primaires de la Belgique.* (Bull. Soc. géol. de France, 2e sér., t. XX, pp. 773 et 774.)

PREMIÈRE PARTIE.

GÉOLOGIE.

POSITION DU TERRAIN SILURIEN EN BELGIQUE.

Les dépôts anciens de la Belgique que nous considérons comme se rapportant au terrain silurien, s'observent : au sud dans l'Ardenne, au nord dans le Brabant, entre ces deux régions parallèlement à la Meuse et à la Sambre, et dans le Hainaut.

Le terrain silurien de l'Ardenne ou terrain ardennais de Dumont forme quatre massifs dans cette contrée : les massifs de Stavelot, de Rocroy, de Givonne et de Serpont, développés aux environs des localités dont ils portent les noms.

Comme, dans le seul massif de Stavelot, on n'a trouvé que des fossiles dont l'état n'a pas encore permis la détermination et que ce terrain ardennais est recouvert en stratification discordante par le terrain rhénan de Dumont ou devonien inférieur, on ne sait pas encore positivement s'il appartient au silurien ou au cambrien.

Nous comptons nous occuper, dans le présent travail, du terrain silurien

du Brabant, et des massifs ou bandes de la même formation que l'on voit parallèlement à la Sambre et à la Meuse et aux environs de Dour dans le Hainaut. Ces trois massifs, que nous désignons sous le nom de terrain silurien du centre de la Belgique, en réservant le nom de terrain silurien du sud de la Belgique pour celui de l'Ardenne, présentent entre eux des ressemblances telles, qu'il est impossible de bien étudier l'un sans l'autre.

Quant aux analogies qu'ils offrent avec celui de l'Ardenne, on ne peut pas en établir jusqu'à présent sous le rapport paléontologique. Les rares fossiles que l'on possède du silurien de l'Ardenne sont entièrement différents de ceux du terrain silurien du centre de la Belgique. Quant aux analogies pétrographiques, il en existe, mais seules elles peuvent conduire à des erreurs, et ce sont elles qui avaient amené Dumont à identifier le silurien du Brabant avec le rhénan de l'Ardenne ou devonien inférieur.

MASSIF DU BRABANT.

Ce massif se trouve surtout développé dans la province d'où il tire son nom (Brabant), et dans celles de Hainaut, de Namur et de Liége, où il s'étend sous les terrains secondaire, tertiaire et moderne. Dumont a parfaitement établi ses limites et les points où il se trouve; nous ne pouvons que relever ce qu'il a dit à ce sujet en substituant le mot silurien au mot rhénan. « Il est limité au S. par le terrain anthraxifère (terrain devonien et terrain carbonifère), suivant une ligne un peu convexe vers le S. passant près de Ghislenghien, à Horrues, au sud de Ronquières, à Monstreux près de Nivelles, à Sart-Dames-Avelines, entre Mazy et Vichenet, entre Bovesse et Warisoux, entre Marchovelette et Tillier, au S. de Fumal, entre Horion et Hozémont; et ne se montre pas au nord d'une ligne un peu convexe vers le nord, passant près de Lessines, Enghien, Hal, Wavre, Piétrebais, Jodoigne, Latinne et Hozémont [1]. »

« La surface comprise entre ces deux lignes est un ovale allongé de l'ouest à l'est, dont la longueur, de Lessines à Hozémont, est d'environ 110 kilomètres, et la plus grande largeur, entre Mazy et Grez, d'environ 25 kilomètres. Elle a la forme d'une plaine mamelonnée, faiblement inclinée vers le N. et sillonnée par les vallées peu profondes de la Dendre, de la Senne, de la Dyle et de la Geete, dont les eaux s'écoulent au N. vers l'Escaut, et par celles de l'Orneau, du Hoyoux et de la Mehaigne, dont les eaux se rendent vers le S. dans la Sambre et dans la Meuse. »

[1] A. Dumont, *Mémoire sur les terrains ardennais et rhénan*, seconde partie, terrain rhénan, p. 240. (Mémoires de l'Académie, etc., t. XXII.)

« Des dépôts quaternaires, tertiaires et crétacés se montrent souvent sur les flancs des vallées, et le terrain silurien n'est à découvert qu'au fond de celles dont la profondeur dépasse l'épaisseur des dépôts tertiaires et secondaires superposés [1]. »

« Il résulte de cette disposition que la contrée qui nous occupe offre l'aspect et la fertilité des plaines tertiaires du Brabant et de la Hesbaye, et ne présente l'aspect si caractéristique des terrains schisteux anciens que dans le fond de certaines vallées [2]. »

« Les localités où le terrain silurien est à découvert sont :

1° Le bassin hydrographique de la Dendre, au S. de Lessines et de Ghislenghien;

2° La vallée de la Marcq, entre Marcq et la chaussée d'Enghien à Grammont;

3° Le bassin hydrographique de la Senne, depuis Horrues, Braine-le-Comte, Ronquières et Nivelles, jusqu'au N. de Hal, et quelques points isolés dans ce bassin, tels que Sart-Moulin, Tourneppe, Buysinghen;

4° Le bassin hydrographique de la Dyle, depuis Loupoigne près de Genappe, Sart-Dames-Avelines, Tilly, Villeroux, Noirmont et Nil-Pierreux, jusque près de Wavre, et quelques points isolés, dans le même bassin, tels qu'au S. de Grez et à Piétrebais;

5° Le bassin de la Geete, entre Opprebais, Thorembais, St-Trond, Jauchelette, Offus et Jodoigne;

6° Le bassin de la Ligne aux environs d'Elvaux;

7° Le bassin de l'Orneau, depuis le moulin de Lascaille sur l'Orneau, et le moulin d'Harton sur l'Harton, jusqu'au moulin d'Alvaux;

8° La vallée de l'Hoyoux, entre la ferme de Trehet et celle de Seumoy près d'Emine;

9° La vallée d'Hambraine, vers Tillier et Novilles-les-Bois;

10° Les vallées de Gernine et de Velaine;

11° La vallée du Burdinal, depuis Lamontzée jusqu'à Fumal et celle de la Mehaigne, de Fumal à Latinne;

[1] A. Dumont, Mémoire, etc., p. 240.

[2] *Ibid.*, p. 241.

12° Enfin celle de Dommartin près d'Horion [1]. »

« D'autre part, dit M. Dewalque [2], on sait que vers le N. il s'étend au delà des limites indiquées par Dumont. Du moins, nous croyons l'avoir reconnu dans les puits artésiens d'Ostende, de Menin, de Laeken et de St-Trond. »

Nous avons subdivisé le massif silurien du Brabant en huit sous-massifs, ou massifs secondaires :

1° Le sous-massif de Hal; 2° le sous-massif de la Dyle; 3° le sous-massif de Gembloux; 4° le sous-massif de Jodoigne; 5° le sous-massif d'Hambraine; 6° le sous-massif de Landenne; 7° le sous-massif de la Mehaigne; 8° le sous-massif de Hozémont.

Nos observations nous ont conduit à grouper les roches siluriennes du Brabant en quatre assises caractérisées par leur composition et leur ordre de superposition. Nous allons examiner leurs caractères en commençant par la base.

DIVISION EN ASSISES.

Assise I. — *Assise de Blanmont,* ou des quartzites inférieurs.

Elle est composée de quartzite blanchâtre et de quartzite verdâtre devenant rougeâtre et blanchâtre par altération.

Le quartzite est formé de grains inégaux ou de lamelles de quartz hyalin, tellement unis que la cassure les divise sans les séparer. Ces grains, en atteignant une grosseur inférieure à celle d'un pois, constituent quelques bancs d'une faible puissance que Dumont nommait poudingue quartzeux. Il est très-dur et très-tenace. Sa cassure est inégale, conchoïde ou écailleuse. Il a l'éclat vitreux, résineux ou mat. Il est sans stratification ou à stratification peu marquée; on dirait que ces quartzites proviennent d'éjaculations geysériennes ou hydro-thermales siliceuses. Ils sont très-fissurés et ces fissures présentent quelquefois l'aspect de joints de stratification. Par altération, ils

[1] A. Dumont, Mémoire cité, p. 241.

[2] G. Dewalque, *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, p. 51. Bruxelles et Liége, 1868.

passent au grès et à un sable blanchâtre. Lorsqu'il y a stratification, les couches sont ordinairement séparées par des lits phylladeux.

Jusqu'à présent, nous n'avons pas rencontré de fossiles, ni de roches plutoniennes dans cette assise, qui correspond au système gedinnien inférieur du Brabant de Dumont.

Usages. — Il sert à faire des pavés et du macadam.

Assise II. — *Assise de Tubize*, ou des quartzites et phyllades aimantifères.

Elle est formée de quartzite chloritifère à grains fins, de phyllade quartzifère, et de phyllade verdâtre, bleuâtre, grisâtre par altération; toutes ces roches sont caractérisées par la présence de petits octaèdres d'aimant; elles sont quelquefois pailletées. Cette assise est fortement métamorphique et se ressent de l'influence de nombreux typhons ou filons. Les roches, en se mélangeant à ces matières feldspathiques, passent à une arkose, grenue ou porphyroïde, espèce de porphyre stratifié ou de schiste porphyroïde.

Ces roches sont stratifiées et elles alternent. Cependant, en général, les quartzites se trouvent à la base, les arkoses à la partie moyenne et les phyllades à la partie supérieure.

On y trouve des filons quartzeux avec quartz cristallisé, et quelques substances minérales, et des filons de chlorite et d'oligiste, qui rappellent ceux du terrain silurien de l'Ardenne. On y rencontre aussi de belles pyrites triglyphes.

Outre les roches métamorphiques, on trouve, dans cette assise, du diorite.

Cette assise correspond à une partie du gedinnien supérieur du Brabant de Dumont.

Fossiles. — Nous avons signalé un *Ellipsocephalus Hoffi*, qui nous avait été remis comme provenant des environs de Hal [1]. On nous a communiqué un *Paradoxides Bohemicus*, sans désignation de localité, qui présente, sous le rapport de la roche, les mêmes caractères que l'espèce précédente.

Les roches dans lesquelles se trouvent ces deux fossiles offrent une grande

[1] C. Malaise, *Note sur quelques fossiles du massif silurien du Brabant.* (Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, 2e sér., t. XX, p. 871. Bruxelles, 1865.)

analogie avec celles des environs de Hal, mais nos recherches fossilifères dans les environs de cette localité ont été infructueuses jusqu'à ce jour.

Ces exemplaires ont été soumis à l'homme le plus compétent en semblable matière, à M. J. Barrande, qui a eu l'obligeance de nous donner son avis à ce sujet : « En examinant vos deux morceaux de roche, je ne puis reconnaître aucune différence entre ces échantillons et ceux qui proviennent de Ginetz en Bohême. La roche me paraît identique avec certaines couches schisteuses de cette localité. »

« Quant aux deux espèces, elles sont également identiques avec l'*Ellipsocephalus Hoffi* et le *Paradoxides Bohemicus*, qu'on trouve communément à Ginetz et aux environs. »

« D'après les apparences, il est plus que probable que ces deux spécimens proviennent de la Bohême. »

« S'ils avaient été réellement trouvés dans votre pays, il faudrait admettre à la fois l'identité de la roche et celle des deux espèces, dans deux contrées notablement éloignées l'une de l'autre. Ce serait un fait très-inattendu, mais qu'on ne peut pas absolument déclarer impossible [1]. »

Usages. — Les roches quartzeuses et l'arkose sont employées pour faire des pavés, pour la réparation des routes, et comme pierres de digue, en Hollande.

Assise III. — *Assise d'Oisquercq,* ou des phyllades bigarrés et graphiteux.

Elle est constituée par des phyllades ou des schistes bigarrés de grisâtre, de bleuâtre, de rougeâtre et de verdâtre. A la partie supérieure, ces phyllades deviennent graphiteux noirâtres; en se décomposant, ils passent à un schiste argileux et terreux de même couleur, tachant en noir; ils sont alors employés comme matière colorante; ils contiennent quelquefois des bancs de quartzite noirâtre. Les roches bigarrées donnent, en s'altérant, une argile rougeâtre, qui ressemble beaucoup à celle qui provient de la décomposition des schistes de l'étage de Burnot.

La stratification est peu marquée; ces phyllades et ces schistes se fissurent très-facilement, et il se produit alors plusieurs systèmes de joints.

[1] J. Barrande, *in litter.*

Nous y avons trouvé des traces de malachite.

Cette assise ne renferme pas de roches plutoniennes.

Fossiles. — Nous avons rencontré, dans les roches bigarrées, près la 43e écluse du canal de Bruxelles à Charleroi, des formes en bien mauvais état, qui appartiennent peut-être à des polypiers. Dumont avait indiqué à Mousty des fucoïdes [1]. Nos recherches à ce sujet ont été infructueuses; nous n'y avons vu que des traces, en mauvais état, qui peut-être représentent des graptolithes.

Usages. — Les roches bigarrées sont employées pour faire des dalles et des pierres de digue; les phyllades graphiteux altérés, comme matière colorante; ceux-ci ont donné lieu à des recherches infructueuses de houille. Cette assise correspond à une partie du gedinnien supérieur et du coblentzien inférieur du Brabant de Dumont.

Assise IV. — *Assise de Gembloux,* ou des phyllades quartzifères à *Calymene.*

Elle est formée de phyllade quartzifère [2], de teinte bleuâtre, bleu-noirâtre, grisâtre ou bigarrée des deux, pyritifère, quelquefois pailleté, jaunâtre par altération, avec enduit limoniteux à la surface. Suivant la prédominance du phyllade ou du quartz, ces roches sont plus ou moins feuilletées, ce qui a donné lieu à des recherches infructueuses d'ardoise; ou bien elles passent à une espèce de psammite. Elles contiennent quelquefois des grès stratoïdes. Elles passent à l'arkose, en s'imprégnant de feldspath.

En général, ces roches ne prennent la division feuilletée qu'en s'altérant. Celles de la partie supérieure de l'assise sont quelquefois calcarifères.

Cette assise correspond au coblentzien supérieur du Brabant de Dumont, ainsi qu'aux quartzophyllades supérieurs du coblentzien inférieur.

Les roches de cette assise donnent, en s'altérant, une argile siliceuse jaunâtre. Elles sont employées comme moellons pour les constructions grossières et la réparation des routes, et comme dalles et pierres de digue.

Plusieurs roches plutoniennes : eurite, albite, hypersthénite, chloro-

[1] A. Dumont, Mémoire cité, p. 283.

[2] Quartzophyllades et phyllades quartzeux de Dumont.

phyre, porphyre schistoïde, se trouvent intercalées dans les roches de cette assise.

Fossiles. — On trouve à Strichon (Tilly), à la partie inférieure, des fucoïdes, que l'on observe, en certains endroits (Roux), mélangés avec les autres fossiles de cette assise, ce qui justifie la réunion que nous faisons de ces diverses roches en un même groupe.

On n'a trouvé jusqu'à présent de fossiles siluriens que dans cette assise. En 1855, la Société géologique de France en avait signalé à Grand-Manil [1], mais comme les assimilations que l'on avait faites de nos terrains avec ceux des autres pays avaient successivement changé, et qu'en dernier lieu on avait rapporté les terrains anciens du Brabant au devonien inférieur, ce fait était resté inaperçu. Ce n'est que vers 1860 que M. Gosselet, visitant Grand-Manil, y trouva des fossiles qui furent rapportés par M. Barrande à la faune seconde silurienne [2]. Depuis, nous avons démontré que dans les localités du massif du Brabant indiquées par Dumont sous l'épithète de fossilifères, lorsque l'on y rencontre des fossiles déterminables, ils appartiennent également à la faune seconde silurienne [3]. Nous avons parcouru tous les gîtes indiqués, nous en avons découvert de nouveaux et de nouvelles espèces : ces dernières appartiennent toutes à la faune silurienne.

[1] *Bull. de la Soc. géol. de France*, 1re sér., t. VI, p. 352. Réunion extraordinaire de Mézières.

[2] J. Gosselet, *Mémoire sur les terrains primaires de la Belgique*, etc. J. Barrande, *Existence de la faune silurienne seconde en Belgique.* (Bull. de la Soc. géol. de France, 2e sér., t. XIX, pp. 754 et 924; 1860.)

[3] C. Malaise, *Sur l'existence en Belgique de nouveaux gîtes fossilifères à faune silurienne.* (Bull. de l'Acad. royale de Belgique, 2e sér., t. XVIII, p. 331. Bruxelles, 1864. C. Malaise, *Note sur quelques fossiles du massif silurien du Brabant.* (Ibid., 2e sér., t. XX, p. 871. Bruxelles, 1865.)

DESCRIPTION DES DIVERS SOUS-MASSIFS OU MASSIFS SECONDAIRES.

SOUS-MASSIF DE HAL [1].

Il s'étend de Buysinghen et Hal à Horrues dans la vallée de la Senne, de Tubize à Hennuyères dans la vallée de Cœureq, et de Tubize à Henripont et Ronquières dans la vallée de la Sennette et de la Samme. Il nous fournit trois coupes, dont deux surtout, celles de Buysinghen à Ronquières et de Tubize à Horrues, sont très-intéressantes.

Coupe de Buysinghen à la ferme Hongrée (Ronquières) par la rive droite de la Sennette, en longeant le canal de Bruxelles à Charleroi (voir pl. VIII, fig. 1).

Assise I. — On trouve au S.-E. de Buysinghen, à environ 1 kilomètre de la Senne, une carrière de quartzites blanchâtres, verdâtres et rougeâtres sans stratification apparente. Ils présentent de nombreux joints qui se coupent mutuellement et que l'on pourrait prendre pour des joints de stratification. Quelques-uns inclinent au S.-O. de 62°, d'autres à l'O. 25° N.=32° et au N.-E.=82°. Ils sont donc très-fissurés en grand.

Assise II. — Au N.-E. de l'église de Buysinghen, on observe des quartzites et des phyllades aimantifères verdâtres. D'après Dumont [2], près du pont situé au N.-E. de Hal, dans le chemin qui conduit à Buysinghen, on voit, outre les roches précédentes, des arkoses chloritifères; nous avons pu les constater, mais ce chemin creux a été en partie remblayé et l'on n'y trouve plus que des fragments d'arkose pailletée (inclinaison N. 25° E.=80°, d'après Dumont).

D'anciennes carrières sont situées au S. de Hal, sur les deux rives de la Senne, dans des quartzites parfois pailletés, avec arkose et phyllades aimantifères, verdâtres (inclinaison N.-E.=80°, rive droite).

Toutes ces roches verdâtres, phyllades quartzifères, subcompactes et aiman-

[1] Dans le but d'en faciliter la description, nous avons subdivisé les massifs principaux en sous-massifs ou massifs secondaires.

[2] A. Dumont, Mémoire cité, p. 280.

tifères, arkoses pailletées, etc., commencent au N.-E. de Buysinghen et se continuent avec un ensemble constant de caractères jusqu'au delà du château de Clabecq, et peut-être même jusqu'au pont d'Oisquercq. Les arkoses qui proviennent très-probablement d'émanations geysériennes feldspathiques se trouvent dans le voisinage ou dans le prolongement de certaines roches plutoniennes: diorite de Lembecq, chlorophyre de Quenast; souvent même, ainsi que l'a fait remarquer M. Gosselet, elles ont plutôt l'aspect d'un porphyre stratifié.

Entre Lembecq et Tubize, on trouve du diorite.

On voit à Rodenem, dans une carrière de pierres à paver, du phyllade compacte quartzifère verdâtre, renfermant de magnifiques exemplaires de pyrite triglyphe (inclin. 0.10° S.=80°, et arkose). Plus loin, on remarque des phyllades verdâtres aimantifères. A Lembecq, dans le parc de M. Claes, ces roches plongent au N.50°E.=70°. A Malheyde, on exploite du phyllade quartzifère, à peu près vertical, inclinaison E.15°N.=80°; le phyllade quartzifère, en devenant feldspathique, passe à l'arkose; on trouve des filons quartzeux avec chlorite et oligiste spéculaire, écailleux et cristallisé en belles lamelles hexagonales; nous y avons remarqué un filon d'oligiste spéculaire de 0^{m},05 de puissance. Ces filons rappellent ceux du terrain silurien de l'Ardenne. On trouve à Clabecq, près la 46^{e} écluse, du phyllade verdâtre à grands octaèdres d'aimant.

On voit dans une carrière abandonnée au S. du château de Clabecq de l'arkose milliaire grisâtre subordonnée à des phyllades aimantifères passant au schiste (inclinaison N.-E.=80°). On peut encore observer ces schistes grisâtres avec traces d'octaèdres d'aimant, près du pont d'Oisquercq sur le chemin d'Ittre (inclinaison N.15°E=70°).

Assise III. — A 200 mètres au S. du pont d'Oisquercq, on trouve des phyllades rougeâtres bigarrés de bleuâtre et de grisâtre, sans stratification bien marquée. La tête semble plonger au N. et la base au S.; dans une carrière abandonnée avant la 44^{e} écluse, l'inclinaison paraît être : N.45°E.=70°. Après l'écluse 44, l'inclinaison est : E.30°N.=70°, dans une petite carrière où la roche est exploitée comme pierre de digue. Les roches rouges donnent, en se décomposant, une argile rougeâtre et les roches aimantifères, schistes et phyllades, une argile grisâtre ardoisée.

Les phyllades bigarrés se continuent jusqu'à Grand-Houx avec une inclinaison N.-E = 70°; ils sont très-feuilletés, bleuâtres, et offrent des traces évidentes de bigarrures.

Assise IV. — Au S. de la ferme de Grand-Houx, on observe des phyllades quartzifères pailletés gris-jaunâtre, qui ressemblent beaucoup à ceux du moulin de Lascaille près Gembloux. L'inclinaison est E. 30° N. = 60°. Vient ensuite un banc de poudingue, signalé par Dumont [1]; il est formé de fragments quartzeux et schisteux, faiblement agrégés, d'un gris-brunâtre sale; son inclinaison est la même que celle du quartzophyllade. On voit encore du phyllade bigarré de grisâtre et de bleuâtre; il est pyritifère et contient des traces indéterminables de fossiles (incl. N. 40° E. = 60°). On rencontre du phyllade quartzifère gris-noirâtre pailleté avec des empreintes en très-mauvais état, peut-être d'un Orthocère annelé et une forme très-analogue au genre *Dictyonema*. On trouve ensuite du phyllade quartzifère noirâtre; il est bigarré de grisâtre, légèrement pailleté avec une inclinaison N.-E. = 45°, et plus loin, N.-E. variant de 60° à 70°.

Assise II. — On observe à Asquempont des phyllades quartzifères et aimantifères, verdâtres. L'inclinaison S. 5° E. = 58°. « La limite entre les deux phyllades est assez tranchée, et l'on voit dans le dernier une veine quartzeuse de quelques centimètres, brusquement interrompue par le phyllade silurien, ce qui annonce quelque glissement ou quelque disparition de roches entre les deux systèmes. Le phyllade silurien renferme près de sa limite deux filons couchés d'eurite schistoïde blanche de plusieurs décimètres d'épaisseur [2]. »

Il nous a également paru qu'il y avait contact anormal entre ces deux systèmes de roches et qu'elles étaient limitées par une faille. Nous avons rencontré, à leur contact, des fragments d'une roche porphyrique, qui, très-probablement, n'est pas étrangère à ce dérangement.

Assise IV. — Entre les écluses 42 et 41, on rencontre du phyllade grisâtre pailleté et une espèce de quartzite feuilleté nommé grès zonaire pyritifère par Dumont. Entre l'écluse 41 et Fauquez, on trouve du phyllade bleuâtre compacte, et au N.-O. du château de Fauquez, on voit une carrière de phyl-

[1] A. Dumont, Mémoire cité, p. 281.

[2] A. Dumont, Mém. cité, pp. 281, 282. Nous avons substitué le mot silurien au mot coblentzien.

lade quartzeux pailleté pyritifère, gris-bleuâtre et bigarré de grisâtre (inclinaison N.-E. = 70°). Il est quelquefois calcarifère. Nous y avons trouvé des fossiles siluriens analogues à ceux de Grand-Manil.

Trilobites: *Calymene incerta, Lichas laxatus, Trinucleus seticornis, Zethus verrucosus.*
Céphalopodes : *Orthoceras Belgicum, Lituites cornu-arietis.*
Hétéropodes : *Bellerophon bilobatus.*
Brachiopodes : *Orthis testudinaria, O. vespertilio, O. calligramma, O. Actoniæ, O. biforata, Atrypa marginalis, Strophomena rhomboidalis. Leptæna sericea.*
Cystidées : *Sphæronites stelluliferus.* C'est l'espèce dominante avec quelques Brachiopodes.
Crinoïdes : Tiges d'Encrines.
Polypiers et Bryozoaires : *Ptyloctyctia, Palæocyclus, Cyathophyllum binum.*

Le château de Fauquez est sur des phyllades quartzifères bleuâtres, pyritifères, compactes, et schisto-compactes. L'inclinaison est au N.-E. de 55° et au S.-O. de 45°. On a ouvert une petite carrière, dans une prairie derrière le château, près du chemin du Croiseau, dans un phyllade quartzifère gris-bleuâtre. Il est en bancs très-épais et a une inclinaison S.-O. = 45° ; il présente des enduits ferrugineux à la surface des bancs et des traces de pyrite. Nous y avons rencontré : *Strophomena rhomboidalis, Leptæna sericea, Sphæronites stelluliferus* et traces d'Encrines.

En remontant le chemin du Croiseau, on voit des phyllades grisâtres feuilletés, renfermant des impressions scalariformes de *Climacograptus scalaris*, semblables à celles de Grand-Manil.

A 500 mètres S. du château de Fauquez, on trouve des phyllades gris-jaunâtre pailletés et altérés avec les fossiles suivants : *Zethus verrucosus, Orthis*, sp. *Leptæna sericea, Sphæronites stelluliferus* et tiges d'Encrines.

En continuant vers le S., on arrive à un quartzite feuilleté passant à l'arkose et joignant une roche porphyrique que Dumont nomme Chlorophyre schistoïde. On retrouve ensuite des quartzites feuilletés dans lesquels nous avons rencontré une impression en très-mauvais état, mais qui ressemble beaucoup au *Graptolithus priodon ;* puis des phyllades feuilletés gris-bleuâtre mat, divisibles en baguettes, comme certains schistes devoniens (incl. S. 50° O. = 68°). Au niveau de la 40e écluse, le quartzite, feuilleté grisâtre, incline au S.-O. de 75°. Au pont de Ronquières, on voit des phyllades compactes gris-bleuâtre

(inclinaison S.-O. = 70°), puis on rencontre des phyllades gris-bleuâtre avec quartzite. A la ferme Hongrée, les phyllades inclinent au S. 30° O. = 64°. A 300 mètres au S. de ce point, les roches rouges devoniennes inclinent au S. de 45°.

Dans cette coupe, nous avons successivement traversé nos diverses assises, à peu près perpendiculairement à leur direction, de Buysinghen au poudingue devonien de la ferme Hongrée, à part une petite intercalation de l'assise II à Asquempont, que nous attribuons à une faille. L'assise I présente des quartzites sans stratification, avec de nombreuses fissures. L'assise II commence au N.-E. de l'église de Buysinghen et finit au pont d'Oisquercq; les roches ont une inclinaison générale, sensiblement au N.-E. On y voit diverses roches plutoniennes, pour la plupart stratifiées. Les phyllades quartzifères et aimantifères reparaissent à Asquempont au milieu de l'assise IV. L'assise III avec ses roches bigarrées, et une inclinaison au N.-E., se continue jusqu'à la ferme de Grand-Houx. On arrive ensuite à l'assise IV, qui se termine au devonien, à part les roches de l'assise II, intercalées près d'Asquempont. Les roches de cette assise sont des phyllades de diverses couleurs, renfermant quelquefois des bancs de quartzite feuilleté. Près de Fauquez, on rencontre divers gites de fossiles siluriens. On voit aussi diverses roches plutoniennes stratifiées, notamment de l'eurite. L'inclinaison générale est au N.-E. et dans quelques points au S.-O., ce qui indique des plissements.

Coupe de Tubize à Hennuyères par le ruisseau de Cœurq.

Assise II. — On rencontre au S. de Tubize, dans le jardin d'une filature, des phyllades gris-verdâtre avec traces d'aimant (inclinaison N.-E.).

Assise III. — On exploite à Stihaux, comme dalles, des phyllades bleuâtres et bigarrés de gris et de rougeâtre avec filons quartzeux. Ils contiennent : chlorite, oligiste et malachite, et paraissent incliner au N.-E. de 68°. Ils deviennent rougeâtres par altération.

Assise IV. — On trouve près de Cœurcq du phyllade quartzifère pailleté, grossier, bigarré de grisâtre et de bleuâtre, et des phyllades feuilletés.

Assise II. — Au S. de Cœurcq, on rencontre des fragments de phyllade

verdâtre aimantifère, qui sont la prolongation des roches d'Asquempont.

Assise IV. — On retrouve des phyllades quartzifères à Waruhais. Près Chenois, on voit du porphyre schistoïde (inclinaison E. 20° N. = 65°). Près du chemin de fer, il existe des phyllades gris-vert jaunâtre altérés inclinant au N. 15° E. de 35°. On y remarque des perforations produites par des mollusques lithophages. A Chenois, sur la rive gauche du ruisseau, on trouve, dans une carrière abandonnée, du phyllade quartzifère gris-bleuâtre. Il est pyritifère et a été exploité autrefois pour dalles. Il présente des enduits noirâtres à la surface. La stratification est peu marquée et rappelle par là Fauquez et Gembloux; il est souvent tacheté de grisâtre et de bleuâtre. L'inclinaison paraît être au N.-E. de 68°. Nous y avons rencontré les fossiles suivants :

Calymene incerta, Trinucleus seticornis, Zethus verrucosus, grande tête de *Lichas,* et quelques traces d'autres Trilobites indéterminables. Les espèces nommées caractérisent Fauquez, Grand-Manil, etc.

Dans cette coupe, nous traversons successivement les assises II, III et IV. Dans cette dernière assise, on observe, comme dans la coupe précédente, une intercalation de l'assise II. L'assise IV nous offre également divers porphyres stratifiés et un gîte de fossiles siluriens. L'inclinaison est généralement au N.-E.

Coupe de Tubize à Horrues par la vallée de la Senne (voir pl. VIII, fig. 2).

Assise II. — On a exploité au N. de Tubize des phyllades simples et quartzifères verdâtres, gris-verdâtre et gris-bleuâtre, aimantifères (inclinaison E. = 63°). On trouve à Ripain des phyllades aimantifères altérés (inclinaison E. à peu près verticale); et dans la tranchée du chemin de fer industriel de Quenast, des phyllades gris-bleuâtre et gris-verdâtre (inclinaison E. 25° N. = 70°).

Assise III. — Au moulin de Ripain, on voit des roches bigarrées de rougeâtre (inclinaison E. 35° N. = 66°); en se décomposant, elles donnent une argile rougeâtre [1].

Assise II. — Au pont de Ripain, des phyllades gris-verdâtre peu aimanti-

[1] On les observe également dans la tranchée du chemin de fer de Quenast, près Tubize.

fères avec filons quartzeux inclinent à l'E. 35° N. de 58°. Dans une petite tranchée entre Ripain et Quenast, un affleurement de phyllades aimantifères paraît incliner au S.-O., mais ce n'est que la tête, et dans un petit bois à l'E. de Quenast, ils inclinent au N.-E.

Assise IV. — En continuant à suivre la voie ferrée, on trouve successivement du phyllade bleuâtre pailleté, incliné au N.-E., du phyllade quartzifère bleuâtre incliné au S.-E., du phyllade noirâtre pailleté luisant, et du phyllade quartzifère bleuâtre et grisâtre (inclinaison E. 20° N. = 50°); puis on arrive au plan incliné. Dans un chemin creux à l'E. de Quenast, on remarque du phyllade quartzifère, grisâtre, pailleté, passant au psammite (inclinaison E. 20° N. = 80°). On voit des phyllades quartzifères grisâtres, pailletés, entre l'église de Quenast et la Senne, inclinant à E. 15° N., et entre Quenast et les carrières dans un chemin creux, inclinaison S. = 62°. Ils sont ici manganésifères. En se dirigeant vers Rebecq, on trouve des phyllades gris-bleuâtre pailletés.

Assise II. — A Gobart, vers Rebecq, on retrouve des phyllades aimantifères grisâtres et gris-verdâtre (inclinaison N.-E. = 65°).

A un kilomètre environ à l'O. de Rebecq, on voit des phyllades grisâtres aimantifères qui présentent une inclinaison E. 25° N. de 55°.

Assise IV. — A quelques mètres à l'E. de ce point, on remarque à une ancienne recherche d'ardoises, à l'endroit dit : *Trou à scailles,* du phyllade noirâtre luisant, pailleté et pyritifère (inclinaison E. 15° N. = 57°). Le passage aux phyllades aimantifères précédents se fait par l'intermédiaire d'un psammite grisâtre manganésifère.

On rencontre au S. et au S.-O. de Rebecq des gîtes fossilifères.

Nous avons trouvé entre Rebecq et la ferme de Grande-Haye, dans une carrière abandonnée où l'on a exploité autrefois du phyllade grisâtre et gris-verdâtre :

Trilobites : *Calymene incerta, Trinucleus seticornis, Zethus verrucosus.*
Céphalopodes : *Orthoceras bullatum.*
Brachiopodes : *Orthis testudinaria, O. vespertilio, O. Actoniæ, O. biforata, Strophomena rhomboidalis, Leptæna sericea.*
Bryozoaires : *Ptylodyctia.*
Cystidées : *Sphæronites stelluliferus.*
Polypiers : *Cyathophyllum binum.*

Entre Rebecq et Petite-Haye, nous avons constaté dans le prolongement des mêmes couches :

Calymene incerta, *Trinucleus seticornis*, *Zethus verrucosus*, *Orthis vespertilio*, *Strophomena rhomboidalis*, *Leptæna sericea*, *Sphæronites stelluliferus* et tiges d'Encrines.

Nous avons vu quelques exemplaires de *Leptæna sericea*, dans du phyllade quartzifère gris-jaunâtre pailleté, qui se trouve à l'O. du gîte précédent, dans un chemin parallèle à celui de Rebecq à Petite-Haye.

Nous avons ramassé dans le chemin de Clabecq à Grande-Haye, dans du phyllade gris-jaunâtre : *Leptæna sericea* et *Sphæronites stelluliferus*.

Sur la rive droite de la Senne, on trouve sous la ferme de Ste-Catherine, et à partir de vis-à-vis Haute-Clabecq ;

Assise II. — Du phyllade verdâtre aimantifère ;

Assise IV. — Du phyllade satiné noirâtre, pailleté et pyritifère et du phyllade quartzifère pailleté et bigarré de grisâtre et de bleuâtre (inclinaison E. 30° N. = 54°) ;

Assise II. — Du phyllade verdâtre aimantifère (inclinaison E. 40° N. = 42°) ;

Assise IV. — Du phyllade quartzifère, du quartzite et du phyllade, noirâtres (inclinaison E. 30° N. = 58°).

Dumont a décrit [1] le porphyre schistoïde que l'on observe dans un chemin creux près la ferme de Ste-Catherine, mais ce chemin est actuellement en si mauvais état que l'on n'y peut guère faire d'observations. Ces roches se continuent sur l'autre rive et près du viaduc de Rebecq ; elles paraissent incliner au S.-E. de 68°.

Dumont [2] a également signalé du chlorophyre au N. des fermes Grande-Haye et Petite-Haye et près de la ferme du Croiseau.

En continuant la coupe sur la rive gauche, nous rencontrons du phyllade quartzifère grisâtre et gris-bleuâtre à la ferme du Trieu (incl. E. 10° N. = 29°). Près le pont Tordoir, on trouve du phyllade gris-bleuâtre et gris-jaunâtre

[1] A. Dumont, Mémoire, etc., pp. 304, 305.

[2] A. Dumont, Mémoire cité, p. 305.

altéré, quartzeux (inclinaison E. 30° N. = 60°). On exploite au N.-E. de Steenkerque des phyllades quartzeux gris-bleuâtre (inclinaison N.-E.=60°) [1]. A l'E. de l'église de Steenkerque, on observe des phyllades grossiers grisâtres, inclinés au N.-E. de 72°. A la ferme Bultiau, le phyllade est gris-bleuâtre, pyritifère (inclinaison N.-E. = 30°). On découvre ensuite au moulin d'Horruette le phyllade bleuâtre, quartzifère et grisâtre pailleté passant au psammite (inclinaison S. 30° O. = 60°). Près la borne kilométrique 23, le phyllade est quartzeux, grisâtre (inclinaison N.-E. = 64°), et plus loin dans la direction de Soignies (S. 30° O. = 32°). A Beau-Repaire, existe du phyllade grossier grisâtre avec bancs plus quartzeux, incliné à l'E. 15° N. de 20°. A la Croix de Pierre, on voit du phyllade gris-bleu passant au psammite gris-verdâtre, qui devient quelquefois arkose par son mélange avec des substances feldspathiques. On trouve sous l'église d'Horrues du phyllade gris-bleuâtre et du psammite gris-verdâtre devenant l'un et l'autre gris-jaunâtre par altération. Près du moulin d'Horrues, les phyllades bleuâtres un peu quartzeux, avec enduits ferrugineux à la surface des feuillets, inclinent au N. 40° E. de 70°. Sous l'église d'Horrues, ils sont en bancs presque verticaux, et à 50 mètres environ au S. de ce point, on voit un poudingue à ciment schisteux incliner au S. 35° O. de 15°.

En ne prenant que l'ensemble de cette coupe, d'une manière générale, elle nous présente des faits concordants avec ceux observés dans les deux coupes précédentes. Il y a succession des assises II, III et IV, intercalation dans celle-ci d'une bande de l'assise II; de nombreux gîtes de fossiles siluriens, et des roches plutoniennes stratifiées et autres. Il y a, en outre, une seconde bande de l'assise II entre la III^{e} et la IV^{e} assise. Nous voyons donc successivement : les assises II, III, II, IV, II, IV; les répétitions des assises II et IV peuvent très-bien s'expliquer par des failles. L'inclinaison varie du N. à l'E. et elle se rapproche fréquemment du N.-E.; dans l'assise IV, quelques couches inclinent entre le S. et l'O., ce qui indique des plissements. Malheureusement, les nombreuses lacunes qui existent entre les diverses couches ne permettent pas de se prononcer avec une quasi-certitude.

[1] On exploite également des phyllades à Petit-Rœulx-lez-Braine.

Différents points et roches plutoniennes se rattachent au sous-massif de Hal. Nous indiquerons, parmi les roches plutoniennes, les chlorophyres exploités à Quenast et à Lessines et signalés depuis si longtemps par M. d'Omalius d'Halloy à l'attention des savants, et le diorite que l'on trouve entre Lembecq et Tubize, puis les roches métamorphiques nommées chlorophyre schistoïde, porphyre schistoïde, etc., dont nous avons eu à nous occuper dans nos coupes.

Des recherches infructueuses de houille ont été faites à la ferme Bronchenne, entre Lessines et Ollignies et au S. de la barrière de Ghislenghien; mais les traces des sondages même ont complétement disparu.

Au N. de Marcq près Enghien, dans la vallée de la Marcq, on trouve du phyllade quartzifère gris-bleuâtre pailleté qui nous paraît appartenir à l'assise IV, et du phyllade gris-pâle, luisant, d'aspect stéatiteux et qui semble se ressentir d'influences métamorphiques.

On trouve au S. et au S.-E. de ces roches du porphyre schistoïde.

Nous avons remarqué, au N.-O. de Marcq, les filons quartzeux renfermant de la chlorite cristallisée analogue à celle de l'Ardenne.

Au N.-O. de Nivelles près la ferme de Bel-Air, nous avons observé, dans des phyllades quartzifères grisâtres, pyritifères, analogues à ceux de Grand-Manil, des traces de fossiles indéterminables. On rencontre également aux environs de Nivelles et de Monstreux l'eurite quartzeuse et l'albite phylladifère indiquées par Dumont.

SOUS-MASSIF DE LA DYLE.

Il est développé dans la vallée de la Dyle de Loupoigne à Wavre; dans celle de la Thyl entre Sart-Dames-Avelines, Tilly et Court-St-Étienne; dans celle de l'Orne et de ses affluents depuis Villeroux, Cortil, Nil-Pierreux, Corbais, jusqu'à Court-St-Étienne; et sur quelques points isolés tels que Grez et Piétrebais qui se rattachent au même sous-massif.

Assise I. — On trouve du quartzite blanchâtre à l'O. de Piétrebais lez-Grez, près Chapelle-St-Laurent. Au Pierroy à un kilomètre S. de Grez, on a repris les travaux dans une carrière autrefois inondée, dans des quartzites

verdâtres, rougeâtres et blanchâtres par altération. Les bancs sont séparés par des phyllades gris-bleuâtre.

On voit près de Wavre une pointe de quartzite et près de Bierges, une ancienne carrière inondée, ainsi que quelques autres des environs de Wavre (voir la coupe de Wavre à Cocriamont, pl. VIII, fig. 3).

Près de Blanmont, les quartzites offrent un beau développement. A la carrière du Molinia, on trouve des quartzites verdâtres et blanchâtres; vers Corbais et Nil-Pierreux, des quartzites verdâtres. A Trois-Fontaines, l'inclinaison O.40°N. est de 40°. Entre Blanmont et Chastre, on trouve, dans une petite carrière abandonnée, près du chemin de fer, des quartzites verdâtres et rougeâtres, et un grès blanchâtre qui provient de leur altération. On voit, au moulin de Godeuxpont, des quartzites verdâtres avec veine de quartz et chlorite (inclinaison O.=67°) Ils sont plus ou moins altérés au N.-O. de Blanmont (inclinaison E. = 67°); plus au N.-O., ils sont grisâtres et gris-verdâtre et inclinent au N.-E. de 83° et au N. de 55°. Les quartzites sont verdâtres et blanchâtres au N. de Blanmont et présentent des lits phylladeux (inclinaison N. = 45°), et plus loin l'inclinaison N. = 70°. Au moulin du Val, des cailloux pisaires rendent quelques bancs poudingiformes. Au S. d'Hévillers, on trouve des quartzites verdâtres (inclinaison S. = 40°). Il existe au S. de Chastre, au Piroy, une ancienne carrière d'où l'on a extrait des quartzites gris-verdâtre, et au N. de Noirmont, des quartzites verdâtres, dans une carrière sous le limon.

Assise II. — On trouve au S. de Limal des quartzites verdâtres, semblables à ceux de Malheyde près Lembecq, avec veines de chlorite, et des grès blanchâtres provenant de l'altération de ces roches. A Limelette, on rencontre des phyllades grisâtres altérés aimantifères. A la station d'Ottignies, on voit des phyllades quartzifères verdâtres, des phyllades quartzifères, altérés rougeâtres et aimantifères, et des phyllades imprégnés d'eurite. Des phyllades et des quartzites aimantifères, verdâtres et grisâtres, se retrouvent dans la tranchée au S. de la gare (inclinaison N. = 70°), et au S. du village d'Ottignies.

On voit, sous l'église de Mont-St-Guibert, des phyllades quartzifères, verdâtres, pailletés et peu aimantifères, avec bancs d'arkose presque verticaux

(inclinaison N.-O. = 85°); les mêmes roches se retrouvent au S. de l'église d'Hévillers. Entre Mont-St-Guibert et Beaurieux, on observe des phyllades gris-verdâtre peu aimantifères; près Beaurieux, du phyllade verdâtre très-aimantifère; au N.-E. de Beaurieux, dans un chemin creux, apparaissent des quartzites et des phyllades altérés rougeâtres.

Assise III. — Entre Mousty et Franquenies, on trouve des phyllades noirs pyritifères, passant à un schiste graphiteux, et par une décomposition plus profonde à une argile noirâtre exploitée comme matière colorante. Ils renferment des bancs de quartzite noir à surface mamelonnée (inclinaison N. = 79°). Dumont y avait signalé [1] des empreintes végétales; nous n'y avons rencontré, ainsi qu'au S.-O. de Mousty, que des traces en mauvais état que nous ne croyons pouvoir rapporter qu'à des graptolithes. A la tranchée de Court-St-Étienne, les phyllades gris-noirâtre, veinés de quartz avec chlorite, inclinent au N. de 60°. A Suzeril et à Faulx, on revoit les couches noirâtres altérées, comme à Mousty; elles ont donné lieu à des recherches infructueuses de combustible. Dans la vallée de la Thyl, ces roches noirâtres passent au gris-noirâtre, deviennent pailletées et se rencontrent jusqu'au N. de Laroche. Dans la vallée de la Dyle, elles deviennent manganésifères vers le S.-O., et grisâtres; à Mériveau, l'inclinaison au N.-E. est de 62° et à Bousval au N.25°E.; elles se continuent jusque vers le château de Thy avec des inclinaisons variables au N.-O. au S.15°E = 80°, à l'O., à l'E. = 60°, etc.

Assise IV. — On trouve ensuite, entre le château de Thy et Ways, des phyllades quartzifères ou quartzophyllades semblables à ceux de Laroche, très-pailletés.

Assise II. — A l'E. de Ways, on retrouve des quartzites aimantifères verdâtres, semblables à ceux de Beaurieux. La série est ici brusquement interrompue; nous supposons que c'est par une faille. Ces roches inclinent au S. 20° E. de 40°. Au S. de Ways, dans la tranchée du chemin de fer, on a surtout des phyllades quartzifères verdâtres inclinant au N.

Assise IV. — Dans la vallée de la Thyl, on trouve à Laroche au S. des roches noires, des phyllades quartzifères ou quartzophyllades exploités sur-

[1] A. Dumont, Mémoire cité, p. 185.

tout comme dalles; l'inclinaison N. varie de 10° à 20°; ils sont grisâtres, bleuâtres et pailletés; un peu plus loin, ils présentent une inclinaison S = 10° et des plissements. Entre Laroche et Chevelipont, ils passent à une espèce de psammite grisâtre (inclinaison S = 50°). Vers Chevelipont, l'inclinaison est au N.-E. et égale 50°. A Villers, au niveau de l'abbaye, des phyllades quartzifères pailletés (inclinaison S. 20° O. = 35°) passent au psammite entre l'abbaye et Villers-la-Ville. Dans la tranchée entre Villers et Strichon, le phyllade est grisâtre pailleté, et présente des traces de fucoïde; on y trouve une substance blanchâtre qui pourrait bien être de l'eurite. Au S. de Strichon, le phyllade quartzifère est blanchâtre, bigarré et présente des traces de fucoïdes, ainsi que Dumont l'avait indiqué [1] (inclinaison N. 10° O. = 30°).

On trouve près Gentissart (inclinaison O. = 55°) et entre Gentissart et Tilly (inclinaison S.), et à la ferme du Châtelet, des phyllades quartzifères grisâtres et gris-verdâtre par altération, semblables à ceux de Grand-Manil; ils renferment quelques bancs de quartzite gris-bleuâtre.

On voit au S.-O. de Cocriamont et au S. de la ferme du Châtelet, des traces du terrain devonien indiqué par Dumont [2].

Dans la coupe de Wavre à Cocriamont (voir pl. VIII, fig. 3), en suivant la vallée de la Dyle jusqu'à Court-St-Etienne, et celle de la Thyl jusqu'à Cocriamont, on traverse successivement les diverses assises depuis l'inférieure I jusqu'à la supérieure IV. Les roches de l'assise III sont surtout représentées ici par une espèce d'ampélite. L'inclinaison est généralement au N., et dans l'assise IV on voit également des inclinaisons au S., ce qui indique des plissements. Si, à partir de Court-St-Étienne, nous continuons la coupe dans la vallée de la Dyle vers Genappe, on trouve l'assise II intercalée dans l'assise IV, comme nous l'avons vu dans le sous-massif de Hal : les roches ont ici des inclinaisons assez variables.

SOUS-MASSIF DE GEMBLOUX.

Assise IV. — Il est développé dans le bassin de l'Orneau et sur les bords des affluents de ce ruisseau, entre les moulins de la Scaille (Gembloux) et

[1] A. Dumont, Mémoire cité, p. 284.
[2] *Ibid.*, p. 285.

celui d'Alvaux (Bossières); et sur les bords de l'Harton, depuis le moulin d'Harton (Lonzée) jusqu'à son confluent avec l'Orneau. Nous avons pris les roches de ce sous-massif comme type d'une de nos assises. La vallée de l'Orneau nous fournit une bonne coupe dans cette partie du silurien; la découverte de fossiles siluriens authentiques à Grand-Manil ajoute encore à son importance, vu qu'elle fournit un horizon géognostique, un point de repère qui permet d'établir le synchronisme entre cette formation et les couches analogues des autres pays.

Le point le plus septentrional où l'on puisse observer les roches de ce massif se trouve au N. de Gembloux au moulin de la Scaille. On y observe une roche à texture schisto-grenue, grisâtre, micacée, gris-jaunâtre par altération, nommée quartzophyllade zonaire par Dumont : 1° dans le chemin à l'E. du moulin de la Scaille; 2° au N. de la Scaille dans la tranchée du chemin de fer de Tamines à Landen, entre les barrières 50 et 51; 3° à l'O. du moulin de la Scaille au pont du chemin de fer sur le ruisseau d'Énée. Ce quartzophyllade présente souvent des alternances de zones grisâtres et jaunâtres. Entre le moulin de la Scaille et l'abbaye de Gembloux, on voit des blocs de quartzite noirâtre, manganésifère et pailleté; et au coin de l'abbaye, des phyllades quartzeux, noirâtres, faiblement pailletés (inclinaison S.4°O. = 50° Dumont); il est très-probable que les blocs de quartzite que l'on trouve épars à la surface du sol appartiennent au même niveau.

A l'intersection des routes de Namur et de Charleroi, dans le chemin de Gembloux au Coquelet et au raccordement de celui-ci avec la route de Namur, on trouve des phyllades noirâtres, légèrement pailletés, avec enduits ferrugineux à la surface; ils deviennent grisâtres par altération. Ils inclinent au S. 25° O. de 80° à 86°; la tête plonge au N.; c'est ce qui a trompé Dumont, qui donne à ces roches une inclinaison N. 24° O. = 74°. Dans la plupart des phyllades siluriens, la tête ou l'affleurement, surtout lorsqu'il est altéré, a une inclinaison diamétralement opposée à celle de la roche non modifiée.

Entre le pont de l'Orneau et Gembloux, on trouve successivement sur la rive gauche du ruisseau : du phyllade quartzifère noirâtre, pailleté, pyritifère, du phyllade quartzifère, pyritifère, bigarré de noirâtre et de grisâtre, et du phyllade quartzifère noirâtre, pyritifère, pailleté.

Tous ces phyllades plongent au S. 25° O. de 65° à 85°. A la tour Hubin, on voit du phyllade grisâtre qui présente à la chapelle Ste-Adèle une inclinaison S. 15° O. = 70°; à la Vode, on trouve du phyllade compacte bleuâtre, qui devient schistoïde par altération (inclinaison S. 25° O. = 66°); au moulin Bedeau, le phyllade grossier grisâtre incline au S. 30° O. de 74°.

A Grand-Manil, se trouve le fameux gîte fossilifère. Nous donnerons ci-après des détails relatifs aux discussions auxquelles ce gîte a donné lieu. Les roches fossilifères ont l'aspect des diverses variétés que l'on a rencontrées depuis le moulin de la Scaille. Ce sont des phyllades gris-bleuâtre compactes et pyritifères, des phyllades quartzifères grisâtres, jaunâtres et bigarrés, très-rarement calcarifères. Toutes ces roches sont colorées ou pleines de limonite pulvérulente qui paraît résulter de la décomposition des pyrites; elle remplit généralement les cavités qui se trouvent entre les moules intérieurs et extérieurs des fossiles. Ces derniers se trouvent très-fréquemment placés suivant les joints de stratification, d'autres fois ils sont disséminés dans la masse. L'inclinaison est au S. 8° E. de 76°. Les roches fossilifères ont au moins 10 mètres de puissance. Nous y avons rencontré les espèces suivantes :

Trilobites : *Phacops, Calymene incerta, Homanolotus Omaliusii*, sp. n.; *Lichas laxatus, Trinucleus seticornis, Ampyx nudus, Asaphus? (hypostôme), Illœnus Bowmanni, Cheirurus, Zethus verrucosus.*

Céphalopodes : *Orthoceras Belgicum*, sp. n. et trois autres espèces, *Cyrtoceras, Lituites cornu-arietis.*

Gastéropodes : Des débris en mauvais état appartenant aux genres *Holopea, Raphistoma, Pleurotomaria.*

Hétéropodes : *Bellerophon bilobatus.*

Ptéropodes : *Conularia Sowerbii, Hyolithes.*

Brachiopodes : *Orthis testudinaria, O. vespertilio, O. calligramma, O. porcata, O. Actoniæ, O. biforata, Strophomena rhomboidalis, Leptæna sericea.*

Bryozoaires : *Retepora, Ptylodyctia.*

Cystidées : *Sphæronites stelluliferus.*

Crinoïdes : Tiges d'Encrines.

Polypiers : *Palæocyclus, Cyathophyllum binum.*

On y rencontre également des impressions scalariformes de graptolithes en très-mauvais état.

Les bancs inférieurs renferment surtout des *Orthis* et des *Orthoceras*, et les bancs supérieurs le *Calymene incerta*.

Les espèces abondantes sont les suivantes :

Calymene incerta, Trinucleus seticornis, Zethus verrucosus, Orthoceras Belgicum, Bellerophon bilobatus, Orthis testudinaria, O. calligramma, O. Actoniæ, Leptæna sericea, Cyathophyllum binum, Strophomena rhomboidalis.

Elles sont caractéristiques de la faune seconde.

Les roches fossilifères se retrouvent sur la rive droite dans le prolongement des couches. Nous y avons rencontré les espèces suivantes :

Calymene incerta, Lichas laxatus, Trinucleus seticornis, Zethus verrucosus, Orthoceras Belgicum, Holopea; toutes les espèces de *Brachiopodes* de la rive gauche; *Sphæronites stelluliferus;* tiges d'encrines; *Palæocyclus ? Ptylodyctia.*

A 150 mètres à l'E. du gîte de la rive gauche, on a creusé un puits dans un phyllade quartzifère grisâtre, renfermant : Têtes de *Calymene incerta;* têtes et pygidiums d'*Illœnus Bowmanni, Zethus verrucosus, Hyolithes, Orthis biforata, Strophomena rhomboidalis, Palæocyclus? Retepora.*

A 5 à 600 mètres à l'E.-N.-E. du gîte fossilifère, nous avons trouvé dans un phyllade quartzeux micacé, de teinte jaunâtre et altéré : empreinte de tête de *Calymene incerta, Leptæna sericea, Orthis,* sp.; traces d'encrines.

Si nous continuons notre coupe sur la rive gauche, nous rencontrons à quelques mètres au S. du gîte fossilifère, une espèce de phyllade quartzeux altéré gris-jaunâtre, celluleux, pétri d'anneaux d'encrines et de débris supposés appartenir à des Bryozoaires en très-mauvais état de conservation; il contient, en outre, des débris de Trilobites appartenant aux genres : *Illœnus, Acidaspis, Cheirurus, Zethus, Amphion.*

On arrive ensuite à des phyllades noir-bleuâtre très-fissiles, dans lesquels nous avons rencontré une seule impression d'un Bryozoaire voisin des Graptolithes.

L'eurite quartzeuse et ses contacts ont été très-bien décrits par Dumont [1] et par M. G. Dewalque [2].

Nous en donnerons la description en partant du N., contrairement aux coupes signalées, de façon à continuer notre coupe. On trouve successivement :

« 1° Phyllade modifié, grossièrement schistoïde, d'un aspect calciné, jaunâtre, grisâtre de diverses nuances, terne, dans lequel il y a de petites cavités qui proviennent probablement de la décomposition des pyrites [3] »; nous y avons rencontré des traces de Graptolithes.

« 2° Un banc de quartzite pyritifère gris-noirâtre, dur, tenace, traversé par des veines d'eurite blanche translucide, et ressemblant parfaitement à certains bancs de quartzite revinien du terrain ardennais [3]. »

« 3° De l'eurite compacte, porphyroïde, bréchiforme ou celluleuse, dure, tenace, à cassure inégale, blanc-jaunâtre ou grisâtre, renfermant des fragments de phyllade et quelques grands cristaux de feldspath, presque toujours transformés en kaolin d'un blanc mat [3]. »

« 4° Roche noirâtre, dure et tenace, quartzite en un seul banc massif en partie visible [4]. »

« 5° Partie recouverte d'éboulis, qui paraît être une eurite analogue à 7° [5]. »

« 6° Eurite compacte ou subgrenue, gris-jaunâtre clair ou blanc-jaunâtre, à cassure conchoïde ou écailleuse ; en bancs d'épaisseur moyenne, parallèles à la stratification des couches suivantes, quelquefois traversés par des fissures remplies de quartz fendillé, montrant çà et là des zones plus grises, parallèles aux joints qui séparent les bancs, et des cubes de pyrite ou de limonite épigène. Cette roche forme la masse exploitée [5]. »

« 7° Eurite hétérogène, grisâtre, en bancs irréguliers, marqués de zones minces, plus foncées, obliques, qui semblent la trace d'une fausse stratification ;

[1] A. Dumont, Mémoire cité, pp. 512-515.

[2] G. Dewalque, Réunion extraordinaire à Liége, du 30 août au 6 septembre 1865, de la Société géologique de France. Rapport de G. Dewalque, secrétaire, pp. 70-71.

[3] A. Dumont, Mémoire cité, p. 515.

[4] G. Dewalque, *loc. cit.*, p. 71.

[5] *Ibid.*, p. 70.

les bancs sont séparés par quelques lits terreux, dont un, friable et blanc, ressemble à du kaolin [1]. »

« 8° Roche mixte, peu accessible [1]. »

« 9° Roche siliceuse noirâtre, dure et tenace, subgrenue, avec quelques points bruns, en bancs minces. C'est un quartzite altéré parallèle aux schistes suivants [1]. »

« 10° Roche feuilletée, gris-blanchâtre, grossière, à feuillets plans, renfermant des empreintes de Graptolithes; ils deviennent bientôt gris, gris-bleuâtre à l'intérieur, et passent ainsi graduellement, vers le S., à un schiste quartzeux. C'est évidemment une roche métamorphique. Inclinaison S. = 72° [1]. »

« Ainsi donc, ajoute M. Dewalque [2], cette eurite est en bancs parallèles à la stratification des schistes siluriens où elle est intercalée. Cette disposition est favorable à l'opinion de ceux qui n'y voient qu'une masse métamorphique. Plusieurs assises ont certainement cette origine, par exemple les couches extrêmes qui passent aux schistes et les quartzites. La masse exploitée, 6°, me paraît dans le même cas, à cause de sa disposition en bancs médiocrement épais, dans lesquels les zones plus grises paraissent ne pouvoir guère être attribuées qu'à des parties dont la composition primitive, un peu différente de celle du reste, n'aurait pas subi une altération aussi complète. La pyrite en cubes fournirait peut-être un nouvel argument. L'eurite porphyroïde pourrait avoir été formée autrement, et je serais tenté de la considérer comme plutonienne. »

Nous nous rallions à cette manière de voir pour les deux variétés d'eurite.

Dumont a signalé des fragments d'eurite à 800 mètres de Grand-Manil, dans le chemin de Corroy-le-Château [3].

Nous avons trouvé sur la rive droite un affleurement d'eurite quartzeuse qui est dans le prolongement de celle de la rive gauche. L'une et l'autre occupent la même position par rapport au phyllade fossilifère.

Ainsi que nous l'avons dit, l'eurite quartzeuse, et l'eurite porphyroïde, véritable porphyre feldspathique, sont intercalées au N. et au S. entre des phyl-

[1] G. Dewalque, *loc. cit.*, p. 70.
[2] *Ibid.*, p. 71.
[3] Mémoire cité, p. 315.

lades siluriens altérés, contenant des impressions scalariformes de Graptolithes qui appartiennent au *Climacograptus scalaris*.

En continuant vers le S., on arrive à du phyllade gris-bleuâtre mat, très-feuilleté. On prétend que l'on y a autrefois extrait ou fait des recherches d'ardoises, et le trou porte le nom de la Scaillière (l'ardoisière). A quelques centaines de mètres plus loin, on trouve des phyllades gris-verdâtre et jaunâtres, quartzeux ; puis dans une petite carrière abandonnée, des phyllades gris-jaunâtre avec bancs de quartzite feuilleté gris-verdâtre; nous y avons rencontré de très-beaux *Graptolithus priodon* (inclinaison S. = 62°). Ces phyllades avec bancs de quartzite se prolongent jusqu'à la poudrière de Corroy; on retrouve les quartzites vis-à-vis Pucet; ces roches deviennent de plus en plus feuilletées et passent au quartzophyllade vers la poudrière. A la poudrière, les phyllades à bancs de quartzite sont gris-bleuâtre mat, très-feuilleté. Près de la grande cheminée, on peut voir que la partie supérieure ou tête des tranches des couches présente une inclinaison en sens inverse de celle qu'elle a réellement à la partie inférieure; c'est ce qui, dans un grand nombre de cas, peut induire facilement en erreur sur le sens réel de l'inclinaison. Ainsi, tandis qu'elles inclinent au S., la partie supérieure plonge vers le N. L'inclinaison S. = 55° et à la partie supérieure l'inclinaison N.=60°. Quelques bancs de quartzite altéré sont couverts de grandes paillettes.

On a fait, vis-à-vis la ferme de Chénemont, des recherches d'ardoises dans un phyllade gris-bleuâtre (inclinaison S. 7° E = 60°, Dumont).

On trouve, au confluent de la Lonzée et de l'Orneau, du phyllade gris-verdâtre. Au confluent de l'Orneau et du ruisseau de Ferooz, on a ouvert une carrière sur la rive droite de ce ruisseau dans le même phyllade; il renferme des bancs gris-bleuâtre, avec traces de calcaire dont la teinte rappelle celle des calcaires anthraxifères. Dans le chemin de Vichenet à Ferooz, on retrouve des phyllades altérés qui rappellent ceux du confluent de l'Orneau et de la Lonzée. Un phyllade gris-verdâtre et gris-jaunâtre s'observe dans le chemin qui descend des Mautiennes; on trouve ensuite du phyllade quartzeux gris-bleuâtre (incl. S. 45° O = 65°), puis on arrive au poudingue de l'étage de Burnot. Aux Mautiennes, au point d'intersection des chemins de Bossières et de Golzinne, on trouve quelques bancs de poudingue (direction O. 10° N. à E. 10° S).

Près la scierie d'Alvaux, sur la rive droite, on trouve des phyllades quartzeux, peu feuilletés, gris-verdâtre (inclinaison S. 25° O = 66°). Plus loin sur la même rive, en se dirigeant vers Mazy, on rencontre dans le chemin quelques bancs de poudingue et de psammite.

Dans cette coupe, nous traversons les roches de l'assise IV. Nous voyons à Grand-Manil le gîte fossilifère, dans lequel on a trouvé les premiers fossiles reconnus pour siluriens en Belgique et, en outre, de l'eurite porphyroïde et de l'eurite quartzeuse. L'inclinaison générale est au S.

Sur la rive gauche, dans une carrière ouverte dans le calcaire à *Stringocéphales,* les couches inclinent au S de 12°. Ce qui fait supposer, quoiqu'on n'observe pas le contact immédiat, qu'il y a discordance de stratification.

On trouve à Elvaux, près Sombreffe, du phyllade altéré gris-verdâtre et du quartzite gris-bleuâtre qui se rattache au massif qui nous occupe. Dumont a signalé [1] de l'eurite quartzeuse entre Vieille-Maison et la ferme de l'Encombrie, et à l'O. d'Ottiamont dans le chemin du Sart-Molé à Bruyère. Le prolongement de la ligne qui joint ces deux points passe par Grand-Manil.

On observe, entre les fermes de Seumoy et de Hazoir (Émines), dans la vallée du Houyoux du phyllade gris-jaunâtre pointillé de brunâtre et du phyllade quartzifère gris-bleuâtre mat (inclinaison S. 25° O. = 83°, presque verticale); dans le chemin du Hazoir à Émines l'inclinaison S. = 72°.

SOUS-MASSIF DE JODOIGNE.

Il est développé dans le bassin de la Geete entre Opprebais et Jodoigne-Souveraine et entre la Ramée-lez-Jauchelette et Ste-Marie-Geest. On trouve encore des roches qui se rattachent à ce massif à Jauchelette-lez-Perwez, à Thorembais-St-Trond et à Offus.

Assise I. — On a ouvert une carrière dans un quarzite bleu-verdâtre, recouvert d'un mètre de limon à l'E. d'Offus (inclinaison N.-E. = 40°). C'est le point le plus oriental où on l'ait observé.

On retrouve du quartzite verdâtre à Jauchelette-lez-Perwez. Non loin de

[1] Mémoire cité, p. 286.

Thorembais-St-Trond, on voit près d'une carrière actuellement transformée en étang, des fragments de quartzite poudingiforme à gros grains. Celui que l'on trouve aux environs d'Opprebais et de Dongelberg, où l'on a ouvert plusieurs carrières, est verdâtre et rappelle entièrement celui de Blanmont; il incline à l'E.

On voit, au S.-O. de la Ramée, des quartzites verdâtres en blocs et en couches sans stratification apparente. Ils sont polis à la surface et quelques blocs présentent des cannelures. En descendant la Geete, on trouve des quartzites rougeâtres et grisâtres altérés; puis du quartzite verdâtre, passant au grès en s'altérant; il contient de la limonite. Près l'usine de Jauchelette, on observe de magnifiques blocs de quartzite verdâtre très-remarquable. Dans le chemin creux de l'usine à Jauchelette, on trouve du phyllade graphiteux noirâtre intercalé dans du quartzite veiné. Sous l'église de Jauchelette, on voit du phyllade noirâtre pailleté, et bigarré de rouge, avec veines d'oligiste (inclinaison N. 10° E.=80°).

Au N. de Jauchelette, au point où la Geete traverse la chaussée de Jodoigne à St-Michel, on remarque des quartzites gris-bleuâtre, devenant blanchâtres. Quelques bancs à gros grains ressemblent à du poudingue pisaire (inclinaison N. 15° O = 60°). La direction y est donnée par une couche graphiteuse, tendre, terreuse, tachant les doigts; elle provient de la décomposition de phyllade noirâtre, que l'on pourrait peut-être employer pour noircir les poêles.

A la carrière de Jodoigne-Souveraine, sur la Geete, on voit du quartzite verdâtre, rougeâtre et blanchâtre à gros grains; il renferme des filons quartzeux avec chlorite (inclinaison E. = 23°). Dans le parc de Jodoigne- Souveraine, on remarque du quartzite noirâtre, subrésineux, veiné de quarzite blanc et rappelant les quartzites reviniens de l'Ardenne. Entre le parc et l'église, on retrouve des quartzites verdâtres subpisaires.

Assise III. — Près de Jodoigne et entre Jodoigne et Ste-Marie-Geest, on trouve des phyllades noirâtres mats, alternant avec des quartzites stratoïdes noir-bleuâtre, veinés de quartz et quelquefois pailletés et pyritifères. Ils inclinent au N.-E. = 60°, près du château et vis-à-vis du moulin de Jodoigne. Entre Jodoigne et St-Jean-Geest, l'inclinaison au N.-E. varie de 55° à 65°,

et des quartzites et phyllades noirâtres plus ou moins pailletés constituent le point le plus septentrional des terrains primaires du Brabant. Nous considérons ces roches noirâtres graphiteuses désagrégeables comme les analogues de celles de Franquenies, près Mousty, de l'assise d'Oisquercq. Dans la coupe de la vallée de la Geete, depuis la Ramée jusque près de S^{t}-Jean-Geest, nous voyons l'assise I et des roches que nous rapportons à l'assise III. Les roches qui se trouvent à la partie supérieure de l'assise I présentent ici un aspect particulier. L'inclinaison est généralement au N. et au N.-E.

SOUS-MASSIF D'HAMBRAINE.

Il est développé entre Hambraine, Cortil-Wodon et Tillier dans la vallée de Tillier, et entre Hambraine et Noville-les-Bois dans la vallée de la Mothe.

Il ne renferme ni fossiles, ni roches plutoniennes.

Assise IV. — Les roches qu'on y rencontre sont des phyllades grossiers ou plus ou moins feuilletés, gris-bleuâtre mat, pyritifères, ou bigarrés de grisâtre, quelquefois pailletés; grisâtres et jaunâtres par altération avec cavités cubiques, provenant de pyrite décomposée; ils renferment également des bancs de quartzite noirâtre pyritifère.

Au S. d'Hambraine, on trouve des phyllades grisâtres et jaunâtres altérés, feuilletés, avec traces de pyrites altérées; ils paraissent incliner au S. On rencontre des bancs plus cohérents en remontant le ruisseau (incl. S. 30°O = 65°). Près du moulin, dans une petite carrière (voir pl. IX, fig. 1), ils présentent une inclinaison N presque verticale; on y observe une petite voûte, puis ils plongent au S. Les phyllades s'observent sur la rive droite de la Mothe jusqu'au delà de Noville-les-Bois, près de la ferme de Dampire. Près de la ferme Harzée, ils sont gris-bleuâtre avec bancs de quartzite de même teinte; ils ont donné lieu à des recherches infructueuses d'ardoises (inclinaison au N. 10°E = 70°). Un peu plus loin, l'inclinaison S. 10° E = 78°. Entre la ferme Harzée et Noville-les-Bois, l'inclinaison S. 10° O = 90°. A l'E. de la ferme de Dampire, on retrouve des phyllades jaunâtres, pyritifères, pailletés, mais moins feuilletés que ceux d'Hambraine.

Près de Cortil-Wodon, les phyllades grossiers jaunâtres inclinent au

N. 15° E. de 73°; ils renferment des cristaux altérés de pyrite. A l'E. de l'église dans un chemin creux, ils plongent au S. 15° O. de 76°. On rencontre les mêmes phyllades avec bancs de quartzite stratoïde pyritifère entre Tillier et Sart-d'Avril. Au S. de Tillier, le phyllade incline au N. 25° E. de 78°.

SOUS-MASSIF DE LANDENNE.

Il est situé près de Landenne et présente ses affleurements dans les vallées de la Gernine et du ruisseau de Velaine.

Assise IV. — Il est composé de phyllades feuilletés ou quartzeux, gris-bleuâtre mat, grisâtres ou jaunâtres, et jaune-verdâtre par altération, quelquefois pailletés.

Différentes petites carrières y sont ouvertes, et servent à la réparation des routes et aux constructions rurales grossières. On n'y trouve ni roches plutoniennes, ni fossiles.

Il a été très-bien limité et décrit par Dumont et nous allons le compléter par la description qu'en a donnée notre illustre maître [1].

« Le terrain anthraxifère (devonien et carbonifère) présente, entre Forseille, Troka, la ferme de Sclermont et Sur-le-Mez, une échancrure trapézoïdale, dans laquelle vient s'intercaler un massif silurien de même forme qui se rattache à celui du Brabant, vers le N.-O., entre Forseille et Troka, sur une longueur de 4,400 mètres, et qui a pour limite occidentale une ligne d'environ 1,000 mètres, menée de Troka vers Sclermont, dont la direction du N. au S. est à peu près perpendiculaire à celle des systèmes anthraxifères inférieurs (devonien); pour limite méridionale une ligne d'environ une lieue (5,400 mètres), menée de la ferme de Sclermont vers le hameau de Sur-le-Mez, dirigée de l'O.-S.-O. à l'E.-N.-E., et coupant successivement en biseau très-aigu la dolomie condrusienne, le calcaire condrusien, et le système houiller; enfin, pour limite orientale, une longueur de 2,200 mètres et coupant à peu près à angle droit le système houiller de Sur-le-Mez, le calcaire et la dolomie de Marsinne, etc. »

[1] A. Dumont, Mémoire cité, pp. 292, 293. Nous substituons : silurien au mot rhénan.

« Le phyllade qui compose ce massif remarquable se divise en grands feuillets, dont la texture transversale se rapproche quelquefois de celle du schiste. On l'observe principalement dans la vallée de la fontaine Gernine, dans celle du ruisseau de Velaine et jusque vers la surface des plateaux, entre Velaine et Sur-le-Mez, à Forseille, etc. La direction générale est de l'O. à l'E. et son inclinaison au N. d'environ 45° »

Des phyllades grisâtres et gris-jaunâtre plus ou moins altérés s'observent à l'intersection des ruisseaux de Gernine et de la ferme de Loys. En remontant sur la rive droite du ruisseau de Gernine, on observe des phyllades gris-bleuâtre feuilletés, puis des phyllades gris-jaunâtre très-feuilletés qui paraissent incliner au N. 40° E. de 78°. Plus loin, à l'intersection d'un petit ruisseau, ils contiennent de la pyrite altérée et plongent à peu près verticalement au N. 30° E. Vers Troka, on observe le terrain devonien de Troka, où une discordance a été signalée par Dumont : nous en traitons ailleurs. Près la ferme de Loys, les phyllades plongent au N.-E.

SOUS-MASSIF DE LA MÉHAIGNE.

Il est développé sur les bords de la Méhaigne, entre Braive et Hucorgne, et sur les bords du Burdinal entre Hucorgne et Burdinne.

Assise IV. — Il est constitué par des phyllades plus ou moins feuilletés, par des phyllades quartzeux pyritifères, de même teinte, quelquefois bigarrés de grisâtre, devenant l'un et l'autre grisâtres et jaunâtres par altération.

On a ouvert au S. de Braive, près la ferme de Brivioulle, à l'endroit dit les Tombeux, une petite carrière, d'où l'on extrait un phyllade grossier, d'un gris-bleuâtre, d'un aspect mat, facilement désagrégeable, qui passe au grisâtre et au jaunâtre par altération (inclinaison N. 10° O. = 58°).

Ces phyllades se continuent jusqu'à Fallais avec les mêmes caractères. A Hosden, rive gauche, l'inclinaison est au nord dans l'affleurement situé près du moulin; sur la rive droite, entre Hosden et le château de Fallais, l'inclinaison N. 10° O. = 33°. Ils sont parfois pyritifères et à cavités cubiques; près le château de Fallais, ils sont pailletés et d'aspect stéatiteux (inclinaison S. 10° O. = 50°); Dumont a pris ces paillettes pour de l'ottrélite.

Ces roches sont profondément altérées à la surface, et dans les tranchées que l'on a commencées pour la construction du chemin de fer, l'altération pénètre quelquefois à plus de quatre mètres.

Nous avons observé à Hosden, rive gauche, des perforations de mollusques lithophages, dans les phyllades altérés recouverts par le terrain crétacé.

Lorsqu'on fera le chemin de fer Hesbaye-Condroz, il est à espérer que l'on pourra dresser la coupe du massif qui nous occupe; les roches ne peuvent actuellement s'observer que dans quelques points qu'on ne peut guère raccorder entre eux.

On voit, dans les tranchées de la route de Huy à Hannut, près de Dreye, des phyllades gris-bleuâtre plus ou moins altérés.

On observe, sur la rive gauche de la Méhaigne, entre Fallais et Fumal, sous la chapelle de S^{t}-Sauveur, un typhon, formé d'albite phylladifère à grands cristaux, passant à une eurite compacte grisâtre [1]. On rencontre le prolongement de ce typhon sur la rive droite de la Méhaigne.

Dumont a signalé en outre [2] : « Un second typhon très-remarquable par sa texture et par les modifications qu'il a produites dans le phyllade, sur la rive gauche de la Méhaigne, près de Pitet. Ce typhon a environ 25 mètres de base sur 30 mètres de hauteur. Les parties septentrionale et moyenne consistant en cristaux d'albite de 1 à 2 millimètres de longueur, entremêlés de phyllade gris-bleu subluisant, offrent une texture schisto-lamellaire, une couleur d'un gris mêlé, et renferment des fragments de phyllade modifiés par la chaleur; vers la partie méridionnale du typhon, l'albite passe à l'eurite compacte gris-bleuâtre et présente, à 2^{m},80 de sa limite extrême, une longue fissure parallèle au joint d'injection.

Le phyllade, qui est en contact avec l'eurite, est, sur une épaisseur d'environ 1^{m},20, compacte, à cassure écailleuse, translucide vers les bords des fragments, d'un gris clair et incliné au S.

L'aspect du phyllade qui est en contact avec l'eurite rappelle assez celui des roches qui ont subi l'action de la chaleur.

» On trouve dans le prolongement de ce typhon des traces d'albite phyl-

[1] A. Dumont, Mémoire cité, p. 310.

[2] *Ibid.*, p. 310.

ladifère, au S. et près du hameau de Pitet, dans le chemin qui conduit à Fumal. »

Le typhon a une direction E.-O.; les roches plongent d'un côté au S. et de l'autre au N., ce qui indique qu'il leur est postérieur, et les a redressées, en même temps qu'il leur faisait subir certaines altérations (inclinaison S.=64°).

Au N. de Fumal, les feuillets inclinent au N. 15° E. de 75°, et les couches au S. 15° E. de 11° et plus loin l'inclinaison est au S. 10° O. de 70°.

Au S.-E. de Fumal, la route de Vinalmont passe par une profonde tranchée, creusée dans des phyllades gris-bleuâtre celluleux, renfermant des cavités cubiques de pyrite décomposée; ils deviennent grisâtres et jaunâtres par altération et rappellent alors les phyllades à Graptolithes de Grand-Manil.

L'inclinaison des feuillets au N. 15° E. est de 82° et l'inclinaison des couches au N.-O. est de 22° vers le bas du chemin; plus haut, les couches inclinent au S. 15° O. et les feuillets, au N. 15° E.=74°. Tout en haut du chemin, l'inclinaison S. 15° O. est de 30°.

Au S. de Fumal, les phyllades sont quartzeux et pyritifères, avec cristaux cubiques, cubo-octaédriques, ou pentagon-dodécaédriques de pyrite. Les phyllades, en se décomposant, se transforment en argile et alors la pyrite s'en sépare.

Sur la rive droite de la Méhaigne, le phyllade de la tranchée de Fumal contient des filons quartzeux (inclinaison S. 15° O.=40°). Vis-à-vis de ce point, sur la rive gauche, l'inclinaison des feuillets est au N. 15° E. et les couches plongent au S.-O. d'environ 8°.

A Hucorgne, les phyllades sont gris-bleuâtre, grisâtres et bigarrés. Sur la rive gauche, vis-à-vis du moulin, l'inclinaison S. 15° O.=65° et plus loin, N. 15° E.=70° et 72°. Les roches devoniennes du voisinage inclinent au S. 15° O=20°, mais on ne peut observer le contact et s'assurer de la discordance de stratification; on rencontre, à la surface du sol, des fragments de poudingue à pâte schisteuse. On observe sur la rive droite les mêmes phyllades et une discordance de stratification dont nous parlerons ailleurs.

Les phyllades s'observent encore sur les bords du Burdinal entre Hucorgne et Burdinne. Sur la rive droite, l'inclinaison S. 15° O. est de 20° près Hucorgne.

On trouve entre le Sart-Marneffe et Marneffe et entre Marneffe et Oteppe des phyllades gris-bleuâtre, rappelant par leur teinte celle des calcaires anthraxifères; ils passent au grisâtre et au jaunâtre par altération. On y a ouvert quelques petites carrières, où ils rappellent ceux de Chenois près Hennuyères, de Fauquez et de Vichenet près Gembloux. Entre le Sart et Marneffe, les feuillets inclinent au N. 15° E. et les couches à l'O. 15° N. de 11°. Entre Marneffe et Oteppe, l'inclinaison des couches à l'O. 15° N. est de 20° et celle des feuillets au N. 30° O. Près l'église d'Oteppe, les phyllades sont jaunâtres, très-ferrugineux, calcarifères, et contiennent de l'arragonite; nous y avons trouvé des traces en très-mauvais état probablement d'origine organique. Les couches inclinent au S. 15° O. de 28° et les feuillets au N. 15° E. de 70°. Sur la rive droite du Burdinal, plus haut qu'Oteppe, l'inclinaison à l'O. 15° N. est de 20°. On retrouve les phyllades plus ou moins altérés vers Lamontzée (inclinaison N. 15° E.). Au moulin de Lamontzée, on voit des phyllades grisâtres pyritifères (inclinaison S. 15° O. = 82°).

Dans ce sous-massif, les diverses roches de l'assise IV inclinent généralement au N. 15° E. et au S. 15° O., ce qui indique des plissements. On y voit aussi des roches plutoniennes.

SOUS-MASSIF DE HOZÉMONT.

On l'observe entre Horion et Dommartin.

Assise IV. — Il appartient à l'assise de Gembloux. Les roches qui le composent sont des phyllades feuilletés gris-bleuâtre, pyritifères, mats ou subluisants, quelquefois pailletés, alternant avec des bancs de quartzites stratoïdes de même teinte. Ces roches sont quelquefois bigarrées de grisâtre. Elles inclinent au N. 10° O. de 54°.

A ce sous-massif, se rattache l'hypersthénite qui a été exploitée en deux endroits, entre le château de Lexhy et Hozémont. Nous y avons retrouvé, dans une carrière actuellement abandonnée, les espèces minérales indiquées par Dumont. Une très-belle hypersthénite porphyroïde a été exploitée dans une carrière remblayée depuis, près du château de Lexhy.

Jusqu'à présent, aucun fossile n'a été rencontré dans ce sous-massif.

Tableau indiquant la répartition des assises dans les différents sous-massifs.

	SOUS-MASSIF							
	de Hal.	de la Dyle.	de Gembloux.	de Jodoigne.	d'Hambraine.	de Landenne.	de la Mehaigne.	de Hozémont.
Assise IV. — Assise de Gembloux ou des phyllades quartzifères à *Calymene*	*	*	*	. . .	*	*	*	*
Assise III. — Assise d'Oisquercq ou des phyllades bigarrés et graphiteux	*	*	. . .	*				
Assise II. — Assise de Tubize ou des quartzites et phyllades aimantifères	*	*						
Assise I. — Assise de Blanmont ou des quartzites inférieurs.	*	*	. . .	*				
Roches plutoniennes ou métamorphiques	*	?	*	. . .	. . .	. . .	*	*
Fossiles	*	*	*	. . .	. . .	. . .	?	

CONCLUSIONS.

Nous n'avons, jusqu'à présent, qu'un seul niveau fossilifère, renfermant les espèces caractéristiques de la faune seconde silurienne; il se trouve à la partie supérieure de notre terrain silurien. D'après ce qui est généralement admis, nous pouvons prendre comme partie supérieure du silurien celle qui est en contact avec le terrain devonien. Si, partant de ce terrain, nous traversons les couches siluriennes perpendiculairement à leur direction, nous arrivons à des parties de plus en plus anciennes; c'est ce que démontrent les différentes coupes que nous avons décrites ou figurées.

Si des couches devoniennes de la ferme Hongrée, de Horrues ou de Braine-le-Comte par Hennuyères, nous nous dirigeons vers Buysinghen, nous traversons successivement les assises IV, III, II et nous arrivons à l'assise I à Buysinghen. Dans les coupes de la ferme Hongrée à Buysinghen et de Hen-

nuyères à Tubize, l'assise II est venue, probablement par suite d'une faille, s'interposer, diviser en deux l'assise IV. Dans la coupe d'Horrues, dans l'espace qui sépare les assises IV et III, les assises II et IV reparaissent à différentes reprises, et il est très-probable que le typhon de chlorophyre de Quenast n'est pas étranger à ce fait.

Dans le sous-massif de la Dyle, si l'on se dirige du poudingue devonien de Cocriamont en suivant la Thyl et la Dyle vers Wavre, on traverse successivement les assises IV, III, II et I.

Les sous-massifs de Gembloux, d'Hambraine, de Landenne, de la Méhaigne et de Hozémont sont entièrement formés de roches de l'assise IV et se trouvent au voisinage du terrain devonien.

Les parties les plus anciennes sont situées au N. du massif et les plus récentes au S., au contact du devonien.

Si nous partons du terrain devonien, nous arrivons à des couches de plus en plus anciennes jusqu'aux quartzites de l'assise I, qui en constituent la base connue. Nous n'avons, jusqu'à présent, rencontré de fossiles que dans l'assise IV, et si stratigraphiquement nous pouvons démontrer que l'ordre des autres assises est celui que nous avons établi, nous ne pouvons pas conclure, faute de documents paléontologiques, quelle est la place qu'elles occupent dans la série des terrains. Appartiennent-elles à la faune seconde silurienne, à la faune primordiale, ou au cambrien?

EXAMEN DES CAS DE DISCORDANCE DE STRATIFICATION.

Il est intéressant de connaître de quelle façon il y a contact entre le silurien et les terrains primaires qui lui succèdent dans la série.

Dumont avait annoncé qu'il y a, dans le Brabant, l'Entre-Sambre-et-Meuse et le Hainaut, discordance entre l'anthraxifère et les terrains que nous considérons actuellement comme siluriens.

Dumont avait admis que le terrain rhénan du Brabant (silurien) avait été plissé et redressé avant le dépôt du poudingue de Burnot; il citait à l'appui de cette opinion des cas de discordance que nous allons examiner. « En effet, dit M. Gosselet [1], à Horrues, à Alvaux, aux Écaussinnes, à Feluy, on trouve un poudingue rouge, reposant en couches horizontales sur des couches que Dumont rapportait au terrain rhénan. » — « Je n'ai pu voir la superposition du devonien sur le silurien; cependant un tel document eût été précieux, quand on sait que, dans l'Ardenne, la stratification est discordante, et que d'ailleurs le silurien supérieur manque dans le Brabant comme dans ce dernier pays [2]. »

M. le professeur Dewalque [3] « regarde tout le contact entre l'ancien terrain ardoisier du Brabant et le terrain anthraxifère, comme une grande ligne de faille, sur la plus grande partie de laquelle le poudingue de Burnot est, non-seulement très-réduit, mais même le plus souvent supprimé, ainsi qu'une partie des assises qui l'ont suivi.... Il ne peut admettre, avec Dumont, une discordance entre le rhénan et l'anthraxifère. »

[1] J. Gosselet, *Observations sur les dislocations brusques éprouvées par les terrains primaires de Belgique.* (Bull. de la Soc. géol. de France, 2e sér., t. XX, p. 775.)

[2] J. Gosselet, *Mémoire sur les terrains primaires de la Belgique*, etc., p. 55.

[3] G. Dewalque, Réunion extraordinaire à Liége de la Société géologique de France, en 1865, tiré à part, p. 75. (Bull. de la Soc. géol. de France, t. XX, 2e sér.)

La bande moyenne du poudingue de Burnot s'appuie en stratification discordante sur le terrain silurien de Sambre-et-Meuse, et il en est de même pour la bande septentrionale par rapport au silurien du Brabant. Aujourd'hui cette discordance a perdu un peu de son importance, puisqu'elle a pu s'opérer pendant toute la période qui sépare la faune seconde de celle du poudingue de Burnot.

M. Gosselet a démontré et M. Dewalque admet que ces contacts anormaux sont produits par une grande faille s'étendant de Liége au delà de Mons, et formant, sur une partie de son parcours, la limite septentrionale du massif silurien de Sambre-et-Meuse [1].

Quant à nous, nous admettons qu'il y a faille pour les contacts anormaux, et contact avec discordance pour les contacts normaux.

Analysons maintenant les discordances signalées par Dumont dans ses coupes du Brabant.

Coupe de Tubize à Horrues (pl. IX, fig. 4).

« L'église d'Horrues est sur le phyllade gris-bleu, subcompacte ou terreux, passant au schiste et au psammite gris-verdâtre, légèrement pailleté, vertical ou fortement incliné : direction 77°, inclinaison S. 13° O.=85° et inclinaison N. 13° E. = 85°. A une centaine de mètres au S. de ce point, on voit le poudingue et le schiste rouge du terrain anthraxifère d'Horrues s'étendre en couches peu inclinées vers le S., sur les tranches du terrain rhénan [2]. »

M. Gosselet dit [3] : « Près de l'église d'Horrues, on voit le terrain devonien supérieur reposer en couches horizontales sur les tranches de schistes siluriens dont l'inclinaison est presque verticale. » C'est ce qu'il représente dans ses coupes figure 8 et figure 29. Devonien supérieur, inclinaison S. 10° E.= 25°. (M. Gosselet).

Cependant, comme il a dit [4], ainsi que pour les autres coupes : « Je n'ai pu voir la superposition immédiate du devonien sur le silurien, » il y a observé

[1] G. Dewalque, Prodrome cité, p. 96.
[2] A. Dumont, Mémoire cité, p. 278.
[3] J. Gosselet, Mémoire cité. p. 31.
[4] *Ibid.*, p. 33.

ce que Dumont y avait indiqué. Il en est de même pour nous, et nous ne pouvons que renvoyer à la coupe que nous en donnons. Donc il y a accord complet entre Dumont, M. Gosselet et nous.

Coupe de Hal à Ronquières.

« Les phyllades de Ronquières se prolongent vers la ferme Hongrée, à l'O. et près de laquelle on a tenté d'ouvrir une ardoisière (direction des strates = 60°, inclinaison S. 30° O. = 64°, inclinaison des feuillets = 62° à l'E.).

Au S.-O. de Ronquières, les phyllades passent au schiste gris-bleu fragmentaire et alternent avec du psammite schistoïde (direction = 72°, inclinaison N. 18° E. = 66°). Entre Ronquières et Maurage, ils ressemblent à ceux de Ronquières (direction = 77°, inclinaison N. 13° E. = 57°). Entre ce point et le terrain anthraxifère, ils renferment des bancs de psammite.

Le poudingue et le schiste rouge anthraxifère se montrent près de la Senne, vers une papeterie, et le long du canal de Charleroi, près de la ferme Hongrée, où ils sont en bancs inclinés vers le S.-O. de 10° à 15°, et dont la stratification offre la discordance la plus évidente avec celle du terrain rhénan [1].»

Il s'agit ici de discordance en deux points différents : 1° celle de la ferme Hongrée et 2° celle du moulin d'Henripont entre Ronquières et les Écaussinnes. M. Gosselet [2] a observé la seconde : « Le quartzophyllade de Ronquières se prolonge jusqu'au moulin d'Henripont sur la Senne, où il disparaît sous le terrain devonien supérieur. »

1° A l'ardoisière de la ferme Hongrée, les phyllades inclinent au S. 30° O. = 64. Entre la 38e et la 39e écluse, à environ 300 mètres du silurien, on observe des roches rougeâtres, psammite schistoïde altéré, qui inclinent au N.-E. de 45° (voir pl. IX, fig. 7).

2° Entre Ronquières et le moulin d'Henripont, on voit des phyllades inclinés au N.-E. de 65° à 72°. Près du moulin, on observe le poudingue indiqué par Dumont, mais non figuré sur sa carte, en couches peu inclinées (voir pl. IX, fig. 6).

[1] A. Dumont, Mémoire cité, pp. 282, 285.
[2] J. Gosselet, Mémoire cité, p. 52.

Dans ces deux cas, il paraît y avoir discordance, mais on ne peut pas observer la superposition directe.

Coupe de Gembloux à Mazy (voir pl. IX, fig. 5).

« Aux Mautiennes et près du moulin d'Alvaux, le phyllade est grossièrement feuilleté, schisto-compacte ou schisto-terreux, d'un gris-verdâtre sale ou gris-jaunâtre sale par altération et ne renferme pas de grès. Aux Mautiennes, la direction des strates = 107° et l'inclinaison, S. 17° E. = 85°. Près du moulin d'Alvaux, la direction des strates = 102° et l'inclinaison, N. 12° O. = 60°.

On voit, au S. des Mautiennes, le grès verdâtre et le poudingue du terrain anthraxifère inférieur en couches peu inclinées sur les tranches des couches du terrain rhénan [1]. »

M. Gosselet [2] figure également une discordance de stratification en ce point. M. le professeur Dewalque rend compte de cette discordance de la façon suivante : « Les schistes siluriens se voient après les premières maisons des Mautiennes, mais trop altérés pour que leur allure puisse être déterminée sûrement : néanmoins on ne peut douter que l'inclinaison ne soit fort considérable; on a cru trouver une empreinte de *Leptæna* dans un des derniers bancs, mais l'échantillon est tombé en débris. Après quelques pas dans le chemin de Bossières, on voit paraître des bancs résistants de grès de couleur sombre, brun-verdâtre ou brun-rougeâtre, renfermant de gros grains de quartz blanc, qui les font passer au poudingue pisaire. Ils semblent légèrement inclinés vers le S.-E.; ils sont donc nettement en discordance par rapport aux schistes précédents [3]. »

Malgré toutes nos recherches, nous n'avons pu découvrir de traces de fossiles à l'endroit qui vient d'être indiqué.

On voit, à l'entrée du bois d'Alvaux, rive gauche, du phyllade quartzeux gris-bleuâtre (inclinaison S. 45° O = 65°). A environ 50 mètres au S., se

[1] A. Dumont, Mémoire cité, p. 291.

[2] J. Gosselet, Mémoire cité, fig. 10.

[3] G. Dewalque, Réunion extraordinaire à Liége, en 1863. (Extrait du Bull. de la Soc. géol. de France, pp. 72-73.

trouve une petite fontaine où l'on observe des psammites grisâtres avec traces de fucoïdes; avant ce point, on trouve des fragments quartzeux. En continuant vers le Mazy, on arrive à une carrière de calcaire à *Stringocéphales* (inclinaison S.=12°).

De tout ce qui a été dit précédemment, on peut conclure à une discordance de stratification, mais on ne peut observer le contact direct.

Coupe du sous-massif de Landen.

« La direction générale du phyllade est de l'O. à l'E. et son inclinaison au N., d'environ 45°.

Il est recouvert, à Troka, par des couches de psammite rouge, etc., du terrain anthraxifère, dont la direction = 87° et l'inclinaison, N. 3° E.=11°.

La stratification de ce dernier terrain est, par conséquent, en discordance avec celle du terrain rhénan [1]. »

Au S. de la fontaine de Gernine, on observe des phyllades siluriens (inclinaison au N.-E. de 65°); à 50 mètres au N. de ce point, on voit des psammites rougeâtres (inclinaison N. 20° E.=12°). Ici donc, il paraît y avoir discordance de stratification, mais on ne voit pas de contact immédiat (voir pl. IX, fig. 3).

« On voit encore une discordance de stratification entre le terrain rhénan et le terrain anthraxifère, à l'intersection du chemin de Hérediat à Héron et du Trou-du-Bois à Héron. Le psammite rouge anthraxifère y est en couches inclinées de quelques degrés vers le S., sur les tranches de couches du terrain rhénan dont la direction = 82° et l'inclinaison N. 8° E=55° [2]. »

C'est le seul endroit où nous ayons pu observer la superposition directe du poudingue de Burnot sur le silurien. Il est assez difficile de prendre l'inclinaison exacte; le silurien nous a paru plonger de 45° au N.-E., tandis que les roches rouges de Burnot plongent au S. de 15°. Ici il y a donc discordance évidente (voir pl. IX, fig. 8 et 9). Le point où l'on observe cette discordance est dans un chemin creux à l'O. de l'église d'Héron, à l'intersection des chemins indiqués, mais qui ne sont plus guère fréquentés actuel-

[1] A. Dumont, Mémoire cité, p. 293.
[2] *Ibid.*

lement. Entre ce point et l'église, les roches rouges inclinent à l'E. 26° S. de 10°.

Coupe de Latinne à Hucorgne (voir pl. IX, fig. 10).

M. Gosselet a figuré et décrit une discordance près de Hucorgne [1].

« Les couches devoniennes de Hucorgne sont inclinées au N. 30° E. = 15°; elles reposent en stratification discordante sur les schistes du terrain rhénan de Dumont, qui plongent presque verticalement au N. 30° E. »

Mais ici il n'y a pas de contact immédiat.

Sous l'église de Hucorgne, on trouve des calcaires (incl. S. 25° O = 20°); en se dirigeant vers le N., on rencontre une petite excavation d'où l'on extrait du psammite passant au macigno (inclin. S. 5° E. = 22°). A cinq mètres environ de ce point, on trouve, derrière une petite maison, du phyllade silurien (inclin. N. 25° E. = 53°), et plus loin les phyllades siluriens sont à peu près verticaux.

Sur la rive gauche, on voit de la dolomie qui paraît reposer sur les roches siluriennes, mais on ne peut s'assurer de la position qu'elles occupent au contact.

Coupe près de Horion.

« Le phyllade de Horion avec bancs de quartzite incline au N. 30° O. = 62. Le calcaire anthraxifère de Hozémont est incliné au S.-E., et offre, par conséquent, une stratification en discordance avec celle du terrain rhénan [2]. »

C'est exact, mais comme ces deux terrains sont assez distants l'un de l'autre, on ne peut rien dire quant à leur contact.

Ainsi donc, dans un seul point, à Héron, la discordance est manifeste; dans les autres points, on peut la soupçonner avec la quasi-certitude de son existence.

[1] J. Gosselet, Mémoire cité, p. 92 et fig. 50.

[2] A. Dumont, Mémoire cité, p. 294.

SYNCHRONISME ET ÉQUIVALENTS ÉTRANGERS.

Pour ce qui concerne les analogies que peut présenter le silurien belge, à faune seconde, avec les autres pays, nous ne pouvons que répéter avec M. J. Barrande [1] : « La faune seconde qui caractérise l'étage des quartzites D en Bohême est représentée dans presque toutes les contrées siluriennes. — 1. En Angleterre, dans toute la hauteur géologique occupée par le groupe de Llandeilo et par le groupe de Caradoc, qui lui est superposé. — 2. En Irlande, dans l'ensemble des formations siluriennes décrites par le capitaine Portlock, comme équivalentes des *Caradoc Sandstones*. — 3. En France, dans la totalité des formations jusqu'ici considérées comme appartenant à la division silurienne inférieure, et occupant divers points du territoire, soit au nord-ouest, en Anjou, en Bretagne et en Normandie, soit au midi près Neffiez, département de l'Hérault, et renfermant divers Trilobites identiques avec ceux de Bohême, tels que *Dalmanites socialis*, *Acidaspis Buchi*, découverts par M. Marie Rouault. — 4. En Espagne, dans les dépôts, jusqu'ici peu connus, dans lesquels M. de Verneuil a signalé la présence des *Illaenus*, *Placoparia*, *Calymene Tourneminei*, etc. — 5. En Portugal, dans le bassin de Vallongo, près d'Oporto, où M. Daniel Sharpe a constaté l'existence des *Asaphus*, des *Ogygia*, et des autres formes trilobitiques que nous venons de nommer. — 6. En Thuringe, dans de puissants dépôts, principalement schisteux, incomplétement explorés, dans lesquels M. Reinhard Richter, de Saalfeld, a découvert *Ogygia* et *Asaphus?* — 7. En Suède, dans les étages très-caractérisés, que M. Angelin nomme *Regiones* C. et D. — 8. En Norwége, dans les formations qui, par leur position et leur faune, représentent les *Regiones* C. et D. de

[1] J. Barrande, *Système silurien du centre de la Bohême*, 1re partie ; *Recherches paléontologiques*, vol. I, texte, *Trilobites*, pp. 72a et 72b. Prague et Paris, 1852.

Suède. — 9. En Russie, dans toute la hauteur géologique représentant la division silurienne inférieure, soit aux environs de S^t^-Pétersbourg, soit en Esthonie, et dont les formations extrêmes sont, à la base, l'argile bleue, au sommet, la *Pleta* ou calcaire. — 10. Aux États-Unis d'Amérique, dans l'ensemble des groupes fossilifères de la division silurienne inférieure, à partir du plus ancien suivant J. Hall, le *Potsdam Sandstone*, jusques et y compris le *Hudson-River-group*, qui couronne cette division. »

En effet, le silurien du centre de la Belgique présente les principaux traits qui caractérisent la faune seconde dans les régions énumérées [1].

Les Trilobites y sont représentés par de nombreux genres et par peu d'espèces. Nous y trouvons les genres *Illœnus*, *Trinucleus*, *Ampyx*, *Zethus*, types qui, par leur diffusion horizontale et leur extension verticale, caractérisent principalement la faune seconde. Les *Illœnus* et *Ampyx* ont seuls survécu à la faune seconde.

Nous y avons aussi trouvé des espèces appartenant aux genres *Dalmanites*, *Cheirurus*, *Lichas*, *Calymene*, *Acidaspis*, *Homalonotus*, mais à des groupes d'espèces plus particulièrement propres à la faune seconde.

Le grand développement du genre *Orthis*, caractéristique de la faune seconde d'Angleterre, de Russie et des États-Unis, s'observe également en Belgique.

Nous y trouvons aussi des Cystidées assez abondamment. Ils caractérisent la faune seconde en Bohême, en Angleterre, en Suède et en Russie.

Quant à établir des analogies entre les diverses divisions de la faune seconde des autres contrées, et celles de Belgique, nous ne pouvons que répéter avec M. J. Barrande et sir Roderick Murchison : que les mêmes formations siluriennes peuvent présenter, dans chaque pays, des couches purement locales et par conséquent nullement comparables l'une à l'autre.

[1] J. Barrande, *Système silurien*, etc., 1^re^ part., pp. 72^b^ et 72^c^.

CARACTÈRES QUI RAPPROCHENT LE SILURIEN DU CENTRE DE LA BELGIQUE DE LA ZONE PALÉOZOÏQUE DU NORD.

A différentes reprises, M. Barrande a signalé au monde savant les rapports zoologiques qui permettent de grouper les différentes contrées siluriennes en deux zones qui présentent entre elles une très-grande somme d'analogie.

La première, ou zone centrale, comprend la Bohême, l'Espagne, le Portugal, la Sardaigne.

La seconde, située au N. par rapport à la précédente, zone du nord ou zone paléozoïque septentrionale, comprend, en Europe : la Russie, la Suède, la Norwége et les Iles Britanniques, le Hartz, la Thuringe, la Saxe, la Franconie. Ces quatre dernières contrées ont été placées dans cette zone en 1865 [1].

M. Barrande, à la suite de la découverte faite à Fosses, par M. Gosselet, du *Dalmanites conophthalmus*, qui n'est connu jusqu'à présent que dans les contrées siluriennes situées sur la zone paléozoïque du nord, a émis l'idée que Fosses et Gembloux auraient été en connexion avec cette zone. L'*Halysites catenularius*, trouvé à Fosses, n'est pas rare dans la faune seconde de la zone du nord des deux continents et ne se trouve dans la zone centrale de l'Europe, en Bohême, que dans la faune troisième [2].

« Les fossiles siluriens de Grand-Manil, en Belgique, dit M. Barrande [3], représentent certains types de Trilobites, qui n'ont été observés, ni en Bohême, ni dans les autres contrées de la zone centrale, tandis qu'ils sont communs dans les pays de la zone septentrionale. Ce fait tendrait donc à nous indiquer que la Belgique appartenait également au système de mers de la zone du nord. Au contraire, les connexions spécifiques jusqu'ici reconnues

[1] J. Barrande, *Défense des colonies*, t. III, p. 264. Prague et Paris, 1865.

[2] J. Barrande, *Existence de la faune seconde silurienne en Belgique* (Bull. de la Soc. géol. de France, 2e sér., t. XIX, p. 759; 1862).

[3] J. Barrande, *Faune primordiale aux environs de Hof en Bavière* (Bull. de la Soc. géol. de France, 2e sér., t. XX, p. 481; 1863).

nous montrent que le bassin silurien le plus voisin, c'est-à-dire celui du nord de la France, appartenait, comme celui de la Bohême, à la zone centrale de l'Europe. »

Ces divisions en deux grandes zones est très-importante : « Par le progrès journalier des recherches, les contrées qui s'étendent sur chacune des deux grandes zones siluriennes semblent se relier de plus en plus, les unes aux autres, sur chacune de ces zones. Ce fait tend à rendre plus distinct et plus vraisemblable la conception de deux grandes mers subparallèles, séparées par un continent ou par une suite de grandes îles, dans la direction du N.-E. au S.-O., durant les âges représentés par les premières faunes paléozoïques[1]. »

Nous allons examiner les principaux faits qui nous paraissent être de nature à prouver que la Belgique appartient à la grande zone du nord.

M. Barrande a fait observer que plusieurs genres et diverses espèces apparaissent dans les Iles Britanniques (zone du nord) avant de se montrer en Bohême (zone centrale); ils s'y trouvent dans la division inférieure, tandis qu'ils ne se rencontrent en Bohême que dans la division supérieure [2].

Les Graptolithes ont leur grand développement dans la division inférieure, dans la zone septentrionale; et dans la zone centrale, la grande extension de cette famille n'a lieu que dans la division supérieure [3]. Dès le principe, M. Barrande a assimilé Gembloux à la faune seconde de Bohême, et toutes les recherches ultérieures viennent confirmer cette assimilation. La faune seconde appartient à la division silurienne inférieure, et nous avons, à Gembloux, associés, aux espèces de ce niveau, les *Graptolithus priodon* et *Climacograptus scalaris* (*Graptolithus palmeus* Barr.), qui, en Bohême, n'apparaissent que dans la division supérieure.

M. Barrande a fait des observations analogues pour certains genres de Trilobites et de Mollusques, surtout pour les Céphalopodes.

Aux États-Unis d'Amérique, en Irlande, en Scandinavie, en Russie, on

[1] Note de M. J. Barrande, suite à la note de M. Casiano de Prado, *Sur l'existence de la faune primordiale dans la chaine cantabrique* (Bull. de la Soc. géol. de France, 2e sér., t. XVII, p. 544; 1860).

[2] J. Barrande, *Système silurien du centre de la Bohême*, vol. I, texte, p. 86.

[3] J. Barrande, *Graptolithes de Bohême*, p. 52. Prague; 1850.

trouve de nombreux Céphalopodes dans la division inférieure, tandis qu'en Bohême ils sont très-rares dans la division inférieure et ne deviennent abondants que dans la division supérieure. On y trouve quatre cents quarante-trois espèces dans la division supérieure et quatre seulement dans la division inférieure. Nous avons à Gembloux six espèces de Céphalopodes, dont quatre appartiennent au genre *Orthoceras;* une des espèces de ce dernier genre est représentée par de nombreux exemplaires et est caractéristique, ce qui établit une nouvelle analogie avec la zone septentrionale.

Ainsi donc en Belgique, de même que dans les pays situés dans la zone paléozoïque du Nord, le *Dalmanites conophthalmus,* des Céphalopodes, notamment des *Orthoceras* assez abondants, les *Halysites catenularius, Climacograptus scalaris, Graptolithus priodon,* etc., apparaissent avec la faune seconde, dans la division inférieure, tandis qu'on ne les rencontre, dans la zone centrale, que dans la division supérieure ou faune troisième.

Le terrain silurien du Brabant forme le bord septentrional, et celui de l'Ardenne, le bord méridional d'une vaste dépression allongée de l'O. à l'E. Une crête, qui forme la bande médiane du terrain silurien, s'élève du fond de cette dépression et divise les autres terrains primaires en deux bassins principaux. Les affleurements de cette crête constituent les massifs ou bandes de Sambre-et-Meuse et de Dour [1].

[1] M. G. Gosselet rapporte au terrain silurien (*Bulletin scientifique,* etc., *du département du Nord,* etc., p. 83, troisième année. Lille, 1871) : « un petit affleurement de quelques mètres, de schistes satinés et ondulés avec filons de quartz, que l'on peut observer à Landelies sur la rive droite de la Sambre. »

MASSIF DE SAMBRE-ET-MEUSE.

Le massif de Sambre-et-Meuse forme une bande étroite dirigée du S.-O. au N.-E. Celle-ci commence au bois de Châtelet près de Charleroi, passe par Sart-Eustache, Le Roux, Vitrival, Fosses, Piroy, Dave, Les Tombes, Boussalle, Huy, Neuville-sur-Meuse, Ombret et se termine à Hermalle-sous-Huy. Elle a une longueur d'environ 65 kilomètres et une largeur qui varie de 1/2 à 2 ou 3 kilomètres.

Nous avons préféré donner le nom de Sambre-et-Meuse, déjà employé par M. d'Omalius d'Halloy, à ce massif qui se dirige parallèlement à la Sambre et à la Meuse, à celui de Condroz employé par Dumont, puisqu'on n'en trouve qu'une partie dans cette région.

La carte géologique de Belgique nous montre le bord septentrional de cette bande, en contact avec le calcaire de Givet, entre le bois de Châtelet et Sart-St-Laurent [1]; avec le poudingue de Burnot, entre Sart-St-Laurent et Les Tombes; entre cette localité et Huy, avec les psammites du Condroz; et enfin jusqu'à Hermalle-sous-Huy, le contact est caché par les alluvions de la Meuse. Le bord méridional est partout en contact avec l'étage de Burnot. Il offre, dans quelques points, des exemples de discordance de stratification avec les terrains qui le touchent.

La limite du bord méridional du terrain rhénan (silurien) n'est pas figurée exactement sur la carte. Les grès, psammites, arkoses et schistes, dont Dumont disait : « n'avoir pas encore rigoureusement déterminé la position géologique [2], » mais qui présentaient, d'après lui, de l'analogie avec les roches

[1] Quoique Dumont signale, dans son *Mémoire* (p. 522), le poudingue à partir de bois de Châtelet, il ne le figure pas sur sa carte.

[2] Mémoire cité, p. 521.

gedinniennes, doivent être retirés de ce massif, ce qui en diminue parfois la largeur de quelques centaines de mètres, et être reportés à la base de l'étage du poudingue de Burnot dont ils font peut-être partie, à moins qu'ils ne représentent ici le rhénan de l'Ardenne, le poudingue de Fepin, ou la partie inférieure du devonien inférieur. On trouve surtout au bord méridional un poudingue formé de grains pisaires de quartz et de feldspath blanchâtre ou de kaolin, formant le ciment. Ce poudingue est peu cohérent; il pourrait bien représenter le poudingue de Fepin. Il limite au S. la bande silurienne de Sambre-et-Meuse. Il fait partie de ces bancs qui paraissaient d'une position douteuse à Dumont, à l'époque où il publia son mémoire sur ces terrains, mais qu'il place dans son massif rhénan du Condroz, dans sa carte de Belgique. Ainsi donc nous admettons que la limite septentrionale a bien été déterminée par Dumont, mais la limite méridionale est inexacte. Les roches douteuses ne sont pas siluriennes; elles doivent appartenir à la période devonienne.

Le massif qui nous occupe est essentiellement schisteux; il renferme rarement des bancs de psammite et de calcaire. Les phyllades et les schistes sont noirâtres, graphiteux, mats, rarement subluisants, quelquefois pailletés, devenant quartzeux ; ils sont gris-verdâtre et passent au psammite, quelquefois bigarrés de grisâtre, pailletés avec enduit ferrugineux ou bien brunâtres ou jaunâtres par altération. Des recherches d'ardoises ont été faites aux environs de Vitrival, Fosses et Wierde. Les phyllades passent fréquemment au schiste, et contiennent parfois des nodules quartzeux et calcareux. Quelquefois ces nodules quartzeux passent à de petits bancs de psammite qui finissent par offrir les caractères du quartzite. D'autres fois le phyllade contient des nodules calcaires qui le font passer à un calschiste noduleux fossilifère. De même que les schistes à nodules quartzeux finissent par passer au psammite et au quartzite, de même aussi ces calschistes noduleux finissent par être remplacés (entre Roux et Sart-Eustache) par un calcaire quartzifère noirâtre, ferrugineux et manganésifère, lamellaire avec lamelles de crinoïdes; compacte et poudingiforme, avec veines de calcaire spathique et cristallisé. Il se présente en bancs d'une puissance totale de 3 mètres. On a voulu employer ce calcaire comme marbre, mais il est trop dur. On en a fait de la chaux de mauvaise qualité.

Dumont [1] a signalé un monticule d'eurite quartzeuse au hameau de Piroy près Buzet (Malonne); il en figure deux sur la carte géologique de Belgique. Des traces de la même roche s'observent à la ferme de Halleux entre Neuville-sur-Meuse et Ombret. Nous avons rencontré à Grand-Pré, commune de Mozet, une roche que nous croyons être de l'hypersthénite.

Dumont a signalé près de Piroy un filon de barytine, des fragments de quartz carrié à Buzet, et au Roux du minerai de fer hydraté. On a également trouvé de la pyrite près Vitrival.

Dumont a décrit plusieurs coupes de ce massif; quelques-unes présentent d'intéressants contacts, mais elles ne sont pas susceptibles d'être figurées.

Afin de mieux faire comprendre ce massif, nous allons le parcourir dans le sens de sa longueur de l'O. à l'E., du bois de Châtelet à Hermalle-sous-Huy, en indiquant les différentes particularités qu'il présente.

On observe un contact avec le poudingue de Burnot à Presles. La limite du silurien se trouve à 100 mètres au S. de la borne 49, de la route de Châtelet à Sart-Eustache, où il est en contact avec les roches rouges de l'étage du poudingue de Burnot, qui se trouvent dans une position renversée, et dans lesquelles on distingue bien des bancs de poudingue. Dumont [2] donne à cet étage 75 mètres de puissance, mais il ne l'a pas figuré sur sa carte. M. J. Gosselet [3] a décrit et figuré ce contact; les roches, quoique en stratification concordante, sont séparées par un filon de quartz, indice d'une faille, qui a transformé en quartzite les schistes voisins.

Sur la rive droite du ruisseau, les roches siluriennes, psammite gris-verdâtre pailleté et schistes noirâtres pailletés paraissent plonger au S. 25° O. de 77°. Les roches de l'étage de Burnot plongent dans le même sens, mais la valeur de l'inclinaison est un peu différente; elles sont dans une position renversée et paraissent plonger sous le silurien.

Entre la ferme Chotias et Bas-Sart, on voit des psammites jaunâtres, micacés dans un trou d'où l'on extrait des pierres, inclinaison S. 10° O. = 50°, et du phyllade quartzeux gris-verdâtre pailleté, avec enduit limoniteux brunâtre.

[1] Mémoire cité, p. 525.

[2] *Ibid.*, p. 522.

[3] Mémoire cité, pp. 65, 66, et fig. 22.

Au point d'intersection des chemins de Binche à Sart-Eustache, et de Binche à la Figotterie, on trouve à la surface du sol, du schiste noirâtre pailleté provenant d'une recherche de minerais.

A Sart-Eustache, près de l'intersection des chemins allant au Roux et au pavé, on trouve des schistes avec nodules quartzeux. Inclin. S. 60° O. = 67° et plus loin, inclinaison S. 40° = 85. Près de l'église de Sart-Eustache, ils plongent au S.

On trouve, entre Sart-Eustache et Le Roux, différents gîtes fossilifères. Au N. et au N.-E. de Sart-Eustache, sur la grande route de Presles au Roux, sur la rive droite du Grand-Ry, on voit des calschistes noduleux, à nodules calcaires, fossilifères gris-bleuâtre et gris-jaunâtre. Inclin. S. 40° O.=54°.

Nous y avons rencontré : Tête d'*Illœnus, Atrypa marginalis, Orthis calligramma, Strophomena rhomboidalis, Leptœna sericea,* Tiges d'encrines, Fucoïdes.

Entre Sart-Eustache et Le Roux, sur la rive droite du même ruisseau de Grand-Ry, on voit une carrière où l'on a tenté d'extraire du calcaire comme marbre ou comme pierre à chaux. C'est un calschiste noirâtre et brunâtre avec bancs subordonnés de calcaire, qui paraît la continuation du gîte précédent (Inclinaison S. 30° O.=46°). On y voit un banc de calcaire de près d'un mètre de puissance, renfermant surtout des *Terebratula* et *Rhynchonella,* qu'il est très-difficile d'en extraire.

Nous y avons trouvé : Pygidium de *Calymene?* Tête d'*Illœnus,* Pygidium de *Cromus, Orthoceras, Atrypa marginalis, Orthis calligramma, O. biforata, Strophomena rhomboidalis, Leptœna sericea, Ptylodyctia,* Tiges d'encrines, *Palæocyclus? Favosites Hisingeri, Propora tubulatus, Halysites catenularius, Cyathophyllum binum, Buthotrephis flexuosa.*

Les mêmes couches avec calcaire reparaissent vis-à-vis Cocriamont (inclinaison S.25°O. = 46°). Les schistes y sont gris-verdâtre et brunâtres pailletés, avec bancs de calcaire subordonnés. Ces calcaires siluriens, les plus anciens de la Belgique, sont excessivement remarquables, et il est très-intéressant de les avoir rencontrés dans ces terrains en Belgique; ils reparaissent à Fosses. On y a fait des recherches de pyrite.

Nous avons rencontré vis-à-vis Cocriamont : Portion de tête d'*Illœnus,*

Orthoceras sp., *Orthoceras attenuatum? Atrypa marginalis, Orthis calligramma, O. Actoniæ, O. biforata, Strophomena rhomboidalis, Leptæna sericea,* Tiges d'encrines, *Palæocyclus? Favosites Hisingeri, Propora tubulatus, Halysites catenularius, Cyathophyllum binum.* Fucoïdes : *Buthotrephis flexuosa.*

Les fucoïdes sont très-abondants et caractérisent les schistes des trois gîtes précédents.

A 500 mètres au N. de Roux, dans un chemin creux, nous avons trouvé dans un schiste gris-verdâtre et brunâtre pailleté : *Orthis testudinaria, O. vespertilio, O. calligramma, O. Actoniæ, O. biforata,* une grande *Strophomena, Leptæna sericea,* Tiges d'encrines, *Palæocyclus?*

Nous avons vu au S.-O. de Vitrival, du phyllade noirâtre graphiteux, provenant d'un puits. On a fait des recherches d'ardoises dans la même localité et l'on nous a assuré y avoir trouvé de la pyrite assez abondamment.

Nous avons trouvé à 200 mètres à l'E. de l'église de Vitrival, dans un schiste gris-verdâtre, devenant jaunâtre, avec enduits ferrugineux, et peu cohérent : Têtes de *Trinucleus seticornis* et d'*Illænus, Zethus verrucosus, Orthoceras vaginatum? Orthis calligramma, O. biforata, Strophomena rhomboidalis, Leptæna sericea, Sphæronites stelluliferus, Palæocyclus? Retepora, Propora tubulatus.*

Entre Fosses et Sainton, on trouve des phyllades ou schistes noirâtres avec enduits quartzeux qui rappellent ceux où nous avons rencontré, entre Huy et Statte, des Graptolithes. Ce sont ces mêmes phyllades graphiteux du S.-O. de Vitrival.

La bande fossilifère qui commence à 500 mètres à l'E. de Fosses, se continue sur la rive gauche du ruisseau, sur une longueur de plus d'un kilomètre. Le premier point où l'on rencontre des fossiles, est situé à 500 mètres à l'E. de Fosses : c'est un schiste avec calcaire noduleux, contenant *Orthis calligramma* et *Halysites catenularius.*

En continuant vers l'E., sur la même rive, on trouve dans le Trieu, des schistes gris-noirâtre, bigarrés de grisâtre, pailletés, calcarifères, avec *Zethus verrucosus, Orthis vespertilio, O. biforata,* Tiges d'encrines, *Favosites Hisingeri, Propora tubulatus, Cyathophyllum binum.*

Près de là, se trouve la carrière abandonnée, dans laquelle Dumont [1] avait signalé des fossiles analogues à ceux de Gembloux, et où M. Gosselet [2] a trouvé, le premier, des fossiles siluriens : *Dalmanites conophthalmus, Trinucleus seticornis, Sphærexochus mirus, Halysites catenularius.* Nous y avons rencontré en outre dans des schistes quartzeux, grossièrement feuilletés, gris-bleuâtre, pailletés, légèrement calcarifères : Tête d'*Illœnus, Orthis testudinaria, O. calligramma, O. Actoniæ, O. biforata, Retepora,* Traces de *Sphæronites stelluliferus,* Tiges d'encrines, *Cyathophyllum binum.*

En remontant le chemin parallèle à la route et qui se dirige vers Sart-S^{t}-Laurent, on voit des schistes gris-noirâtre et gris-verdâtre, pailletés (inclinaison N. 30° E. = 70°). C'est un des plus beaux gîtes fossilifères de la bande : nous y avons trouvé :

Trilobites : *Lichas laxatus, Trinucleus seticornis, Illœnus Bowmanni, Cheirurus, Zethus verrucosus.*
Gastéropodes : *Raphistoma lenticularis.*
Ptéropodes : *Hyolithes,* sp., semblable à celui de Gembloux.
Brachiopodes : *Orthis testudinaria, O. calligramma, O. biforata, Strophomena rhomboidalis, Leptæna sericea.*
Bryozoaires : *Retepora, Ptylodyctia.*
Crinoïdes : Tiges d'encrines.
Polypiers : *Favosites Hisingeri.*

En remontant vers Sart-S^{t}-Laurent, on retrouve les mêmes schistes et leurs débris dans les champs avec les *Orthis calligramma, O. biforata, Strophomena rhomboidalis, Leptæna sericea.*

A peu près au même niveau, vis-à-vis Cheston, on trouve, dans un autre chemin, du phyllade quartzeux, gris-noirâtre, schisto-compacte pailleté (inclinaison S. 15° O. = 45°).

Entre Cheston et le ruisseau, il paraît y avoir une voûte ou un plis, car dans une petite carrière les couches plongent, d'un côté, au S. et de l'autre au N.

[1] Mémoire cité, p. 525.

[2] J. Gosselet, *Note sur des fossiles siluriens découverts dans le massif rhénan du Condroz.* (Bull. de la Soc. géol. de France, 2^{e} sér., t. XVIII, pp. 538-539; 1861.)

La bande schisteuse se prolonge par Sart-St-Laurent, Buzet[1] et Piroy, où se trouvent les deux typhons d'eurite, jusqu'à la Meuse vis-à-vis Dave. On nous a donné, comme ayant été trouvé entre Buzet et Malonne, un caillou roulé dans lequel nous avons reconnu *Homalonotus Omaliusii,* comme à Gembloux.

Dumont a signalé une discordance à Pairy-Bony, vis-à-vis Dave [2]. Les schistes siluriens gris-verdâtre, dans une position renversée, sont recouverts en discordance par l'étage de Burnot; mais on ne voit pas de contact immédiat.

A Dave, rive droite, nous avons rencontré des fossiles, au voisinage immédiat de l'étage du poudingue de Burnot, sur le bord septentrional de la bande silurienne dans un schiste quartzeux, gris-bleuâtre micacé : Portion de tête et pointe génale de *Trinucleus seticornis, Zethus verrucosus, Orthis vespertilio, O. calligramma, O. biforata, Strophomena rhomboidalis, Leptæna sericea, Ptylodyctia,* Tiges d'encrines, *Palæocyclus? Favosites Hisingeri.*

La bande se continue vers Naninne et Wierde. Entre Wierde et le château d'Arville, nous avons trouvé dans un schiste quartzeux, micacé, gris-verdâtre avec enduit jaunâtre à la surface des feuillets : *Calymene incerta, Orthoceras vaginatum? Orthis calligramma, O. Actoniæ, O. biforata, Strophomena rhomboidalis, Leptæna sericea, Retepora,* Tiges d'encrines, *Favosites Hisingeri.*

Nous avons rencontré aux Tombes, près la ferme de Grand-Pré (commune de Mozet), une roche plutonienne que nous rapportons à l'hypersthénite. A Grand-Pré, les psammites gris-verdâtre, pailletés avec *Leptæna sericea,* inclinent au S. 60° E. = 65°. Entre la ferme de Grand-Pré et les Tombes, nous avons rencontré, dans des phyllades quartzeux gris-verdâtre pailleté et gris-jaunâtre par altération : Pointe génale de *Trinucleus seticornis, Orthis calligramma, O. biforata, Strophomena rhomboidalis, Leptæna sericea, Ptylodyctia,* Traces d'encrines, *Favosites Hisingeri, Cyathophyllum binum.*

A St-Léonard près Huy, les schistes siluriens, dans une position renversée, paraissent reposer en stratification concordante sur le poudingue.

[1] Nous avons rencontré des traces d'*Orthis* à Buzet.

[2] Mémoire cité, p. 525.

A la Sarte, il y a discordance manifeste, mais on ne peut la saisir que par une coupe horizontale, l'inclinaison des couches ayant à peu près la même valeur et dans une coupe verticale les roches paraissant en stratification concordante. A la Sarte, les roches poudingiformes inclinent au S. 35° O. = 65°; elles présentent des parties rougeâtres, qui ne sont pas parallèles à la direction des couches. On observe près du terrain silurien un banc de poudingue quartzeux, pisaire, à ciment feldspathique, dont la direction est la même que celle du poudingue de Burnot. Il se trouve à la limite méridionale du terrain silurien, dont il doit être retranché, ce qui diminue d'environ 200 mètres la largeur que Dumont donnait au massif rhénan (silurien) de Sambre-et-Meuse. La direction des couches de l'étage de Burnot est E. 35° S. à O. 35° N.; celle des roches siluriennes au contact est de l'E. 5° S. à l'O. 5° N. Il y a donc une différence de 30° entre la direction de ces deux terrains et par suite discordance.

Vers Huy, les schistes gris-verdâtre et noirâtres, veinés de blanc, plongent à l'E. 43° S. de 75°.

On trouve entre Huy et Statte, sur la rive gauche de la Meuse, des schistes noirâtres, gris-jaunâtre par altération avec filons et enduits quartzeux blanchâtres. Nous avons rencontré, dans la tranchée en sortant du tunnel vers Statte, un très-bel exemplaire de *Climacograptus scalaris*, comme à Gembloux.

Sur la rive droite de la Meuse, les schistes se voient encore à Tihange et à Neuville-sur-Meuse. Entre Neuville et Ombret, on trouve des traces d'eurite.

A Ombret, on trouve du psammite stratoïde, pailleté, gris-bleu foncé que l'on peut observer jusqu'au S. d'Hermalle-sous-Huy.

La plupart des schistes de la bande de Sambre-et-Meuse sont calcarifères, aussi cette bande est-elle très-fossilifère. Nous n'avons trouvé dans les différents gîtes que des fossiles siluriens, et l'on peut s'assurer, par le tableau que nous donnons plus loin, que l'on y rencontre la plupart des espèces du massif du Brabant. Cependant on y voit des polypiers et certains genres de la faune troisième (*Cromus*, etc.). Nous sommes porté à admettre que cette bande représente la partie supérieure de la faune seconde, et dans les par-

ties calcareuses supérieures, on aperçoit peut-être l'aurore de la faune troisième.

Il faudra un peu modifier les conclusions que l'on avait tirées en disant que Gembloux et le silurien du Brabant représentent le Llandeilo et le Caradoc et admettre, au contraire, que ce niveau fossilifère représente la partie supérieure du Caradoc et la partie inférieure du Llandovery. C'est presque une faune de transition qui établit le passage entre les faunes seconde et troisième de M. Barrande. Ajoutons également que, en Belgique comme en Angleterre, il y a des associations d'espèces qui, en Bohême, appartiennent exclusivement à la faune seconde ou à la faune troisième.

MASSIF DE DOUR.

Dumont avait reconnu aux environs de Dour en Hainaut, au S. du bassin houiller, des roches qu'il a figurées sur ses cartes comme appartenant au terrain rhénan et qui se trouvent dans le prolongement du massif de Sambre-et-Meuse. Mais ici elles ont un aspect tout différent, et au lieu d'être exclusivement schisteuses, elles sont principalement quartzeuses et ressemblent à celles que, dans le Brabant, Dumont nommait gedinniennes, et qui constituent notre assise I ou de Blanmont.

Ce massif semble continuer la crête que divisent en deux bassins principaux les terrains anthraxifères (devonien et carbonifère), situés entre l'Ardenne et le Brabant.

Dumont [1] figure ce massif sur ses cartes, mais il n'en dit presque rien dans le paragraphe qu'il y consacre. Il en parle plutôt comme d'un exemple de détermination difficile, à propos de la découverte qu'il en fit à la bure du S^{t}-Homme, située sur la commune de Thulin.

Dumont rapporte au terrain rhénan (silurien) : « 78 mètres de schiste divisible en feuillets imparfaits, à surface inégale, noir-bleuâtre, légèrement pailleté, renfermant quelquefois des enduits calcareux, et qui, par l'exposition à l'air, prend, en s'altérant, une couleur rembrunie et se réduit en fragments irréguliers. Ce schiste présente des joints de stratification parallèles au clivage schisteux et inclinés au S. de 55°, quelques joints parallèles entre eux, inclinés au N. d'environ 4°, et des fissures irrégulières. Il renferme des bancs de psammite plus ou moins argileux, noir-bleuâtre, pailleté, qui, de même que le schiste, brunit par l'action de l'air [2]. »

[1] Mémoire cité, pp. 325 à 330.

[2] A. Dumont, Mémoire cité, p. 326.

Une bure d'extraction du St-Homme traversa successivement [1] :

1° 34 mètres de terrains tertiaires et crétacés;

2° 78 mètres de schiste rhénan (silurien), inclinés au S. de 55°;

3° 34 mètres 50, d'un poudingue contenant des traces de sidérose, de calcaire, pyrite et blende. Ce poudingue est stratifié et incliné au N. d'environ 4°. « Le joint de séparation est inégal, à peu près incliné de 55° au N., et coupe obliquement les bancs de poudingue, d'où l'on peut conclure que la stratification de ces derniers est en discordance avec celle du schiste qui les recouvre [2]; »

4° 25 mètres d'un massif composé de schiste et de psammite très-souvent calcareux, passant au calschiste et au macigno;

5° Calcaire subcompacte gris-bleuâtre foncé.

Ce poudingue renfermait des fragments de schiste n° 2, ce qui démontrait qu'il a été formé après ce schiste. Poudingue, schiste, psammite et calcaire sont rapportés par Dumont au système eifelien de l'anthraxifère ou système devonien inférieur et moyen.

« Or, comme le schiste n° 2 a les mêmes caractères que les roches schisteuses de Horrues et, de même que ces dernières, une stratification discordante avec celle du terrain anthraxifère, on peut le rapporter, sans aucun doute, à l'étage hundsrückien du terrain rhénan (silurien) [3]. »

Il y aurait ici discordance et probablement discordance de faille. Ce qui semble le prouver, c'est la présence de traces de substances métallifères dans le poudingue, qui peut représenter, soit le poudingue de Burnot, soit le poudingue d'Horrues qui, d'après M. Gosselet, se trouve à la base du calcaire de Givet.

Dumont ne signale donc, dans son mémoire, que les schistes et psammites noirâtres du sondage du St-Homme. C'est de ces roches seulement qu'il entend parler, lorsqu'il dit : « Par une de ces dislocations dont il y a peu d'exemples, le terrain rhénan (silurien) et les systèmes inférieurs du terrain

[1] A. Dumont, Mémoire cité, pp. 526-527.

[2] *Ibid.*, p. 527.

[3] *Ibid.*, pp. 528-529.

anthraxifère se trouvent dans une position renversée au milieu du bassin houiller du Hainaut [1]. »

Les roches que nous considérons comme constituant le massif silurien de Dour [2] sont des quartzites verdâtres, gris-verdâtre, rougeâtres à éclat résineux ou mat, avec quelques rares lits schisteux grisâtres et gris-bleuâtre pailletés, intercalés; et les phyllades quartzeux et psammites noirâtres micacés avec enduits blanchâtres du S^{t}-Homme. Ces phyllades présentent une grande analogie avec ceux de Statte.

Ces roches constituent les sous-massifs ou affleurements : 1° de Wiheries; 2° de Petit-Dour; 3° de Colfontaine; 4° de Genly; 5° de Bougnies.

Tous se trouvent situés sur le prolongement d'une ligne dirigée de l'O. à l'E.

1° *L'affleurement de Wiheries,* qui est le plus développé, s'observe à l'E. et au N.-E. de cette localité sur les bords du ruisseau de Préfeuillet et de celui de Cocar. Quelques carrières y sont ouvertes entre Wiheries et Rosière.

A environ 50 mètres au S.-E. de l'Hermitage, on voit, sur les bords du ruisseau, du quartzite verdâtre et grisâtre, en couches peu inclinées et disloquées, présentant deux sens d'inclinaison. Plus haut en remontant le ruisseau, on trouve des roches rougeâtres et bigarrées, peu inclinées au S.-O., et qui appartiennent probablement à l'étage de Burnot. Entre Monceau et Wiheries, on voit, dans une carrière sur la rive droite du ruisseau, des quartzites verdâtres très-micacés (inclinaison S. 15° O.) = 24°. A 300 mètres à l'E. de l'église de Wiheries, dans une carrière actuellement abandonnée, les quartzites verdâtres, rougeâtres par altération à la partie supérieure, inclinent à l'O. 10° S. de 15°. A Rosière, il y a trois carrières nouvellement ouvertes dans un quartzite verdâtre, grisâtre, inclin. S. 15° O. variant de 22° à 32°. Nous avons rencontré dans l'une d'elles une empreinte d'*Hyolithes* et des moules d'un grand Brachiopode, qui appartient probablement au genre *Stricklandinia*.

[1] A. Dumont, Mémoire cité, pp. 518-519.

[2] Nous préférons employer le nom de *Dour* pour désigner le massif silurien qui se trouve au S. de cette localité, de préférence à celui du Hainaut, qui pourrait tout aussi bien s'appliquer au prolongement du massif du Brabant dans cette province.

2° *L'affleurement de Petit-Dour* se voit au S. de cette localité sur les bords du ruisseau d'Elwasmes. Il y a plusieurs carrières abandonnées à l'endroit dit le *Trieu del dime,* dans un quartzite grisâtre résineux, avec lits de phyllade grisâtre et gris-bleuâtre pailleté. Les bancs ont de $0^m,60$ à $0^m,80$ de puissance; ils sont feuilletés et altérés à la partie supérieure. Ils paraissent former une voûte; on y observe : inclinaison N. = 28° et S. = 10°.

3° *L'affleurement* du bois *de Colfontaine* se voit sur les bords du ruisseau de ce nom au S. de Wasmes. Des quartzites verdâtres et gris-verdâtre résineux inclinent au S. 15°.

4° *L'affleurement de Genly* se trouve au S. de cette localité sur les bords du ruisseau de Regneau. On observe, sur les bords du ruisseau, des traces de quartzite, à peu près au point d'intersection du chemin de fer et de la route de Mons. En remontant vers le S., on arrive à une petite carrière d'où l'on extrait un quartzite grisâtre et gris-verdâtre, résineux ou mat, dur et très-cohérent. Nous y avons rencontré une fausse empreinte; elle provient d'infiltrations ferrugineuses et ressemble singulièrement au *Sphærococcites Scharyanus,* Barr., de Bohême.

5° *L'affleurement de Bougnies* se trouve au N.-E. de ce village, sur les bords du ruisseau d'Asquillies. Il commence au moulin de Bougnies et finit à la route de Frameries. Il est formé de quartzite gris-verdâtre résineux et mat, avec lits de schiste quartzeux altéré. Au S. du moulin de Bougnies, on peut observer les roches de l'étage de Burnot. Près du moulin, les quartzites verdâtres inclinent au S. 30° O. de 85° et plus au N., l'inclinaison N. 25° E. est presque verticale. Sur la rive gauche, en se dirigeant toujours au N., dans une ancienne carrière, les quartzites gris-verdâtre et grisâtres inclinent au S. 15° O. de 16°. Un peu plus au N. sur la rive droite, ils inclinent au S. 15° O. de 10°, puis au N.-E. de 45°, et plus loin à l'E. 30° N. On trouve ensuite, sur la rive droite du ruisseau, des roches rouges, surmontées de grès verdâtres d'un aspect différent du silurien. Ces roches inclinent au S. de 10°; elles appartiennent probablement à l'étage de Burnot; les roches vertes superposées paraissent incliner au S. de 15°.

La carte géologique de Belgique nous montre les différents affleurements du massif de Dour limités au S. par l'étage de Burnot et au N. par le terrain houiller; nous avons cependant trouvé, au N. de l'affleurement de Bougnies, les roches rouges de l'étage de Burnot.

Dumont avait signalé la discordance du St-Homme. Nous avons pu observer le contact à Bougnies, mais les roches sont trop altérées en ce point pour que l'on puisse juger de leur position. Le terrain silurien se trouve dans une position renversée : il repose au N. sur l'étage houiller, dont il est séparé par une faille; il est recouvert au S. par l'étage de Burnot.

Nous ne rapportons qu'avec quelques doutes ce massif au terrain silurien. Les arguments que l'on peut invoquer en faveur de cette opinion sont : 1° qu'il est dans le prolongement de celui de Sambre-et-Meuse et qu'il a été de même placé par Dumont dans le terrain rhénan; 2° que ses fossiles ont plutôt l'apparence silurienne que devonienne.

Il est à remarquer, en outre, que les roches de ce massif présentent de l'analogie avec les roches siluriennes de Sambre-et-Meuse et du Brabant. Les phyllades noirâtres avec enduit blanchâtre du St-Homme présentent une grande analogie avec ceux de Statte et de Sainton près Fosses. On trouve des nodules quartzeux dans les phyllades et schistes de Sambre-et-Meuse, et l'on rencontre, dans l'assise de Gembloux du massif du Brabant, à laquelle se rapporte la bande silurienne de Sambre-et-Meuse, des bancs de quartzite verdâtre qui ressemblent beaucoup à ceux du massif de Dour. Nous ne pouvons toutefois nier que ceux de ce dernier massif présentent une grande analogie avec les quarzites de notre assise 1 ou de Blanmont [1].

Quoi qu'il en soit, nous avons trouvé, dans les deux massifs, des fossiles qui, sans être semblables, sont sensiblement du même âge et tout nous porte à admettre que la crête quartzeuse du massif de Dour est du même âge que la crête schisteuse de Sambre-et-Meuse.

[1] Il peut très-bien se faire que quelques roches que nous considérons comme appartenant au massif silurien de Dour se rapportent plutôt à l'étage de Burnot. Espérons que la paléontologie pourra plus tard trancher la question.

ROCHES PLUTONIENNES ET FILONS.

Dumont a décrit avec détails [1] les différents typhons ou filons de roches plutoniennes du Brabant et de Sambre-et-Meuse; comme nous n'avons que bien peu de choses à y ajouter, nous ne donnerons que l'indication des localités, renvoyant au mémoire de ce savant pour les autres détails.

EURITES.

Dumont a indiqué de l'eurite quartzeuse en quatre points aux environs de Nivelles; près de Grand'Manil et de Sombreffe et au Piroy près de Buzet (Malonne). Ce dernier point est situé dans le massif de Sambre-et-Meuse.

De curieux gîtes d'eurite se trouvent dans la station d'Ottignies; nous en avons dit un mot page 26. Elle imprègne en partie des phyllades grisâtres, altérés, qui, dans certains cas, offrent une apparence que ils rapproche des mêmes roches, dans lesquelles on rencontre des Graptolithes à Grand-Manil. L'état de la tranchée ne nous a pas permis de juger de leur position exacte; nous croyons qu'elle forme également quelques filons couchés parallèles aux couches.

OLIGOPHYRES.

Dumont avait signalé de l'hypersthénite à Hozémont; nous en avons rencontré des traces entre les Tombes et l'abbaye de Grand-Pré, commune de Mozet, dans le massif de Sambre-et-Meuse.

Le chlorophyre massif de Dumont constitue deux typhons à Lessines et à

[1] A. Dumont, Mémoire cité. pp. 294 à 315 et p. 325.

Quenast, dans lesquels un grand nombre de carrières ont été ouvertes. Ils fournissent des pavés d'une dureté exceptionnelle.

Le diorite se rencontre en filons couchés entre Lembecq et Tubize.

PORPHYRES SCHISTOÏDES.

Nous réunissons sous ce nom, de même que M. le professeur Dewalque l'a fait [1], la plupart des porphyres stratifiés que l'on peut considérer comme métamorphiques, tandis que les roches précédentes sont éruptives.

Le porphyre schistoïde a été indiqué par Dumont à la ferme Sainte-Catherine, au château de Fauquez et près d'Enghien; nous en avons retrouvé sur la rive gauche de la Senne, vis-à-vis la ferme Sainte-Catherine, ainsi que des traces près Asquimpont.

Le chlorophyre schistoïde de Dumont a été indiqué au Vert-Chasseur près de Bierghes, au nord des fermes de Grande-Haye et de Petite-Haye près de Rebecq-Rognon, à la ferme du Croiseau près Chenois et le hameau des Ardennes (Hennuyères), et au château de Fauquez [2].

L'albite phylladifère se rencontre en culots, suivant Dumont, à Pitet et à Saint-Sauveur, près Fallais et à Monstreux.

On trouve en outre de l'albite phylladeuse à Pitet.

DISPOSITION DES ROCHES PLUTONIENNES.

Dumont a aussi fait remarquer que « les masses plutoniennes formées de roches semblables sont généralement disposées dans le même alignement, tandis que celles qui sont composées de roches différentes sont alignées différemment. De plus, les angles que ces alignements forment entre eux paraissent être des multiples simples de 6°,5. En effet,

La direction des chlorophyres schistoïdes d'Enghien à Monstreux est .	0.26°N.
Celle de l'eurite de Nivelles	0.20°N.

[1] G. Dewalque, *Prodrome d'une description géologique*, etc., pp. 296 à 298 et 300.

[2] Le chlorophyre de Fauquez pourrait bien être éruptif.

Celle des chlorophyres massifs de Lessines à Quenast . . . . . 0.13°N.
Celle du diorite de Lembecq à l'hypersthénite de Hozémont . . . . 0.6°,5N.
Celle des albites phylladifères de Monstreux à Pilet . . . . . 0. E.
Celle de l'eurite de Sombreffe à Gembloux [1] . . . . . 0.14°S.

Quelques-uns de ces alignements concordent avec des lignes de fracture ou des directions de roches.

AGE DES ROCHES PLUTONIENNES OU ÉRUPTIVES.

Quant à l'âge relatif des roches plutoniennes ou éruptives, on sait seulement qu'elles sont postérieures au terrain silurien du centre de la Belgique dont elles traversent les différents systèmes et l'on suppose qu'elles sont antérieures au terrain devonien, dans lequel elles ne pénètrent pas. Dumont a trouvé dans les poudingues de l'étage de Burnot des fragments d'eurite et de chlorophyre, dont l'identité avec les roches en place lui a paru assez bien établie, pour en conclure que ces dernières sont antérieures à ce poudingue [2]. Il est également à supposer que l'époque de redressement des couches siluriennes, dans le Brabant, coïncide avec celle de l'injection des masses plutoniennes, ainsi que Dumont l'admettait [3].

« Si l'on regarde les porphyres schistoïdes comme métamorphiques, dit M. le professeur G. Dewalque [4], on ne peut guère se guider que par cette considération que les phénomènes qui ont donné lïeu à des formations de ce genre sont en rapport avec les mouvements du sol et les éruptions qui s'y lient; d'où l'on peut croire qu'elles sont contemporaines de nos autres roches plutoniennes, ou, du moins, qu'elles les ont suivies de fort près. Mais ces roches schistoïdes pourraient avoir été formées sous d'autres conditions; et si l'on était amené à les considérer comme le résultat d'éruptions sous-marines, elles deviendraient contemporaines des assises dans lesquelles elles sont inter-

[1] A. Dumont, Mémoire cité, pp. 515-516.
[2] *Ibid.*, p. 517.
[3] *Ibid.*, p. 516.
[4] G. Dewalque, Prodrome cité, p. 505.

calées. » Elles ressemblent à des roches analogues, interstratifiées, désignées souvent, en Angleterre, sous le nom de *feldspathic ashes* et considérées habituellement comme le résultat d'éruptions sous-marines.

MODIFICATIONS PRODUITES PAR LES ROCHES PLUTONIENNES.

Dumont a appelé l'attention sur les modifications où le métamorphisme produit sur les roches siluriennes par l'action des masses plutoniennes. « Ces injections n'ont pas produit des modifications de contact très-marquées; mais la partie septentrionale du massif a subi tout entière, probablement par l'influence de masses plutoniennes sous-jacentes, une action métamorphique très-énergique, qui a eu principalement pour effet de transformer le grès, le psammite et le phyllade simple, en quartzite, en arkose et en phyllade aimantifère, et certains phyllades, en phyllade terreux noirâtre et en phyllade ottrélitifère. »

« La zone qui comprend ces métamorphoses s'étend au S., jusque vers une ligne passant près de Rebecq, du Voiricher, de Genappe et de Saint-Géry [1]. »

Dumont l'a désignée sous le nom de zone métamorphique du Brabant.

Ainsi donc les éjaculations intérieures exerçaient une action métamorphique moins forte, lorsqu'elles pouvaient se faire à l'état liquide, que lorsqu'elles agissaient à l'état gazeux.

[1] A. Dumont, Mémoire cité, p. 242.

FILONS.

Dumont avait également signalé dans le Brabant des filons de quartz compacte ou carié, blanc ou coloré en rouge, en jaune ou en vert, par de l'oligiste, de la limonite ou de la chlorite [1]; et en outre des filons de manganèse oxydé, de limonite et de pyrite [2].

[1] On y trouve : 1° du quartz prismé, rhombifère et plagièdre; 2° de la chlorite; 3° de l'oligiste écailleux. (A. DUMONT, Mémoire cité, pp. 313-314.)

[2] A. DUMONT, Mémoire cité, pp. 313 à 315.

SECONDE PARTIE.

PALÉONTOLOGIE.

DESCRIPTION DES FOSSILES DU TERRAIN SILURIEN

DU CENTRE DE LA BELGIQUE.

Le terrain silurien du centre de la Belgique nous a fourni un certain nombre d'espèces que nous allons décrire. Nous réclamons l'indulgence pour nos essais paléontologiques, et pour des déterminations que le mauvais état de nos exemplaires a rendues bien difficiles.

Dans les premières publications relatives à notre terrain silurien, les déterminations des fossiles ayant été faites d'après des exemplaires très-incomplets, on est arrivé à appuyer quelques erreurs relativement à l'âge des couches de Grand-Manil. Aussi avons-nous dû reviser avec un soin particulier toutes ces déterminations. En général, moins on a d'exemplaires, plus on est porté à admettre un grand nombre d'espèces. Dans le présent travail, nous avons préféré de restreindre le nombre des types spécifiques que d'en créer de nouveaux. Souvent on pourrait rapporter à des types différents des fragments d'une même forme. L'exemple donné par M. J. Barrande, pour les formes larges et étroites, dans une même espèce de Trilobite, nous a engagé à rapporter à un seul type les pygidiums à axe large et à axe étroit du genre

Homalonotus. Pour les Brachiopodes, il faut souvent avoir huit spécimens pour représenter complétement une espèce. Le facies particulier sous lequel se présentent ces diverses formes fait que l'on pourrait quelquefois les prendre pour des espèces différentes; car rien n'est plus trompeur que ces moules, et l'on ne peut guère voir les rapports qu'ils présentent entre eux que lorsque l'on a le bonheur de rencontrer un exemplaire complet, avec ses divers moules intérieurs, ses empreintes et ses contre-empreintes. C'est ainsi que des exemplaires d'*Orthis biforata* ont été pris à tort pour des *Spirifer*, et que les moules intérieurs et extérieurs diffèrent tellement, que l'on est tenté de les attribuer à des espèces différentes.

Après avoir été rapportés au terrain cambrien en 1835 [1], et au silurien en 1836 [2], les fossiles de Grand-Manil furent considérés plus tard par Dumont comme du même âge que ceux de son terrain rhénan de l'Ardenne, et par suite comme devoniens [3]. L'éminent stratigraphe, qui estimait peu le caractère paléontologique, avait cependant été frappé de l'analogie que présentaient les fossiles de Grand-Manil et de Fosses [4]. M. J. Gosselet ayant visité en 1860 le premier gite [5] et en 1861, le second, y rencontra des Trilobites que M. J. Barrande reconnut être des formes caractéristiques de la faune silurienne seconde [6]. A notre arrivée à Gembloux, nous avions recueilli à Grand-Manil un certain nombre de Brachiopodes, en mauvais état, dans lesquels M. de Koninck crut reconnaître des espèces caractéristiques du devonien inférieur [7]. Des travaux ayant eu lieu depuis au gîte fossilifère, d'où l'on extrait de temps à autre des moellons pour les constructions, nous y avons recueilli de nombreux exemplaires, et nous ne croyons nullement être

[1] *Bulletin de la Société géologique de France*, 1re série, t. VI, p. 352; 1835.

[2] *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 1re série, t. III, p. 330.

[3] A. Dumont, *Mémoire sur les terrains ardennais et rhénan*, 1re partie, Terrain ardennais, p. 6. (Mém. de l'Acad. royale de Belgique, t. XX. Bruxelles, 1847.)

[4] A. Dumont, *Rapport sur les travaux de la carte géologique pendant l'année* 1841. (Bull. de l'Acad. royale de Belgique, t. VIII2e, 1re sér., p. 395.)

[5] J. Gosselet, *Mémoire sur les terrains primaires de la Belgique*, etc., p. 32. Paris, 1860.

[6] J. Gosselet, *Note sur des fossiles siluriens découverts dans le massif rhénan du Condroz*. (Bull. de la Soc. géol. de France, 2e sér., t. XVIII, pp. 538-559; 1861.)

[7] C. Malaise, *De l'âge des phyllades fossilifères de Grand-Manil près de Gembloux*. (Bull. de l'Acad. royale de Belgique, 2e sér., t. XIII, p. 118.)

au-dessous de la vérité en les évaluant à 3,000, dont beaucoup sont en meilleur état que ceux rencontrés précédemment. Nous y avons retrouvé les Trilobites signalés par M. Gosselet, et d'autres espèces caractéristiques de la faune seconde, ainsi que des Brachiopodes et des Graptolithes. Nous avons signalé ces faits à l'Académie, ainsi que la découverte de nouveaux gîtes fossilifères à faune silurienne dans une bande qui forme la bordure méridionale du massif silurien du Brabant [1].

L'existence de fossiles siluriens en Belgique étant un fait entièrement neuf, et les collections belges ne possédant par suite que peu ou pas de fossiles de cette formation, nous avons dû chercher hors du pays des collections propres à nous fournir des types de comparaison.

C'est dans ce but que nous nous sommes rendu d'abord à Paris. Nous offrons nos hommages de gratitude :

A M. le professeur Bayle et à son aide M. F. Bayan, qui nous ont donné toute facilité pour examiner les fossiles siluriens que possède la magnifique collection paléontologique de l'École des mines.

A M. J. Barrande, à qui nous avons montré des Trilobites de Grand-Manil et qui a daigné nous donner de bienveillants conseils.

A. M. Ed. de Verneuil, dont la science déplore la perte récente; il a mis obligeamment à notre disposition sa belle bibliothèque et ses riches collections.

Nous avions été frappé de l'analogie que présentaient nos moules de Brachiopodes avec ceux figurés dans le *Siluria* de sir Roderick Murchison. Dans le but de pouvoir étudier le terrain silurien d'Angleterre, et comparer nos fossiles avec ceux qu'on y rencontre, nous nous sommes rendu dans le pays de Galles et nous avons visité la plupart des collections où nous croyions rencontrer des fossiles siluriens. Les collections publiques et privées ont été mises à notre disposition avec une obligeance et un empressement au sujet desquels nous ne saurions exprimer assez de remercîments.

[1] C. Malaise, *Sur l'existence en Belgique de nouveaux gîtes fossilifères à faune silurienne.* (Bull. de l'Acad. royale de Belgique, 2e sér., t. XVIII, p. 321. Bruxelles, 1864.) *Note sur quelques fossiles du massif silurien de Brabant.* (Bull. de l'Acad. royale de Belgique, 2e sér., t. XX, p. 871. Bruxelles, 1865.)

Nous offrons l'expression de notre reconnaissance :

Au British Museum, à M. H. Woodward et à M. W. Carruthers, qui ont mis à notre disposition les belles collections que renferme cet établissement.

Au Museum of Pratical Geology, à M. R. Etheridge, paléontologiste du *Geological Survey,* qui nous a facilité l'accès de la partie silurienne des collections, si admirablement aménagées pour l'étude.

A la Société géologique de Londres, à M. Dallas qui a bien voulu nous montrer les exemplaires types du *Silurian System.*

A M. Thomas Davidson, l'éminent paléontologiste, qui a été pour nous de la plus grande obligeance et qui a daigné examiner quelques Brachiopodes du silurien de Belgique.

Au Woodwardian Museum à Cambridge, à feu le révérend professeur A. Sedgwick et à son assistant M. H.-G. Seeley, qui nous ont montré les fossiles siluriens de la collection, dont plusieurs ont été décrits par Salter.

Nous avons visité différentes localités du pays de Galles et plusieurs collections siluriennes. Nous ne saurions assez remercier leurs possesseurs, M. Lightbody, à Ludlow, et spécialement M. J.-E. Lee, à Carleon. Ces messieurs m'ont montré obligeamment leurs collections, dont plusieurs exemplaires ont été revus par Salter (M. J.-E. Lee notamment à qui Salter a dédié *Homalonotus Johannis*). C'est guidé par eux que nous avons parcouru les coupes classiques du silurien.

Tous les exemplaires que nous figurons sont représentés de grandeur naturelle. Ils proviennent de notre collection et ont été récoltés par nous, à l'exception de *Sphærexochus mirus* qui appartient à M. Gosselet.

Ce mémoire pouvant arriver entre les mains de personnes qui n'ont pas les ouvrages nécessaires pour étudier les groupes génériques, nous avons cru bien faire en donnant les caractères distinctifs des genres principaux. Cependant nous renseignons, sans les décrire, plusieurs genres et espèces dont nous n'avons trouvé que des fragments en trop mauvais état pour pouvoir être déterminés d'une façon rigoureuse. Nous ne donnons donc leur nom qu'avec doute.

TRILOBITES.

—

Genre **PHACOPS**, *Emmrich.*

Nous avons rencontré à Grand-Manil un fragment de glabelle et de joue du genre *Phacops*, qui ne permet guère d'établir une détermination spécifique.

Genre **DALMANIA**, *Emmrich.*

Un fragment de tête appartenant à ce genre, trouvé à Fosses par M. J. Gosselet, a été rapporté, par M. Barrande, à *Dalmania* (*Phacops*) *conophthalmus*, Boeck [1], dont la glabelle reproduit les traits caractéristiques [2].

Cette espèce caractérise la faune seconde des Iles Britanniques, de la Russie, de la Suède et de la Norwége.

Genre **CALYMENE**, *Brongn.*

Corps ovalaire. Tête semi-circulaire plus grande que le pygidium et que la moitié du thorax. Bord frontal enflé et relevé. Glabelle conique, distinctement lobée par trois sillons inégalement profonds. Lobes diminuant de grandeur de l'arrière à l'avant, à lobes latéraux d'apparence globuleuse. Joue fixe bombée, portant un sillon postérieur marqué; joue mobile triangulaire. Yeux peu développés et réticulés.

Thorax à treize segments. Axe saillant bien défini et s'amincissant à l'arrière. Plèvres coudées, à surface ornée d'un sillon, à extrémité arrondie.

Pygidium bombé, à bords entiers, sans prolongement. L'axe disparaît vers l'extrémité; flancs portant des côtes séparées par des rainures bien marquées.

Nous possédons du genre *Calymene*, si reconnaissable par la lobation de sa glabelle et l'apparence globuleuse de ses lobes, quelques exemplaires à peu près complets, de nombreuses têtes et de nombreux pygidiums.

[1] J. Barrande, *Existence de la faune silurienne seconde en Belgique.* (Bull. de la Soc. géol. de France, 2e sér., t. XIX, p. 759; 1862.)

[2] Murchison, *Siluria*, pl. IV, fig. 11 et 12. London, 1867.

Calymene incerta, *Barr.*

(Pl. I, fig. 1, 2 et 3.)

Nous rapportons tous nos exemplaires à *C. incerta*, Barr., espèce voisine de *C. Blumenbachii*, Brongn., var. *Caractaci*, qu'elle représente dans la division inférieure de Bohême [1].

Nous possédons la forme longue et la forme large.

Contour de la tête à peu près semi-circulaire. La glabelle porte près du front un quatrième sillon latéral. Dans la partie située au droit du front, le bord est souvent relevé en une saillie, inférieure à celle de la glabelle.

Treize anneaux au thorax. Axe saillant n'atteignant sa plus grande largeur que vers le quatrième ou le cinquième anneau; un peu moins large que chacun des lobes latéraux. L'axe est un peu plus étroit que dans l'espèce de Bohême. Anneaux à double courbure, au milieu convexe et vers les deux extrémités; concaves vers la tête. Partie voisine du sillon dorsal un peu enflée et souvent d'apparence noduleuse. Surface des plèvres crensée d'un sillon profond jusqu'à l'extrémité.

Pygidium à contour extérieur arrondi. Axe se prolongeant près du bord. Sept segments et cinq côtes distinctes. Côtes séparées par des rainures qui s'étendent jusqu'au bord et munies d'un sillon sutural, qui souvent n'est marqué que vers l'extrémité des côtes, caractère qui la rapproche de *C. Blumenbachii*. Test du pygidium granulé, à en juger d'après le moule extérieur [2].

Longueur de la tête et du thorax dans la forme large $0^m,063$; largeur $0^m,058$.

Dans la forme longue : longueur $= 0^m,068$; largeur $= 0^m,057$.

Nous avons des exemplaires présentant l'enroulement, ce qui n'a pas été observé sur l'espèce de Bohême.

Plusieurs exemplaires, surtout les enroulés et ceux de petite taille, pourraient se rapprocher de *C. declinata*, Corda, mais ils doivent être rapportés à *C. incerta* à cause de la lobation de la glabelle. Quelques têtes présentent un bord proéminent qui pourrait les faire confondre avec *C. diademata*, Barr.

Localités. — On le rencontre à Grand-Manil, où il est très-abondant et constitue le Trilobite le plus commun; on l'observe également à Fauquez, Rebecq-Rognon, Chenois, dans le massif de Brabant; et à Arville (Mozet), dans le massif de Sambre-et-Meuse.

Cette espèce caractérise en Bohême la faune seconde.

[1] J. Barrande, *Système silurien du centre de la Bohême*, vol. I, Texte, p. 569. Paris et Prague, 1852.

[2] *Ibid.*, vol. I, Texte, pp. 568-569. *Ibid.*, vol. I, Planches, pl. XIX, fig. 30 à 36.

Genre **HOMALONOTUS**, *Kœnig.*

Corps allongé. Tête à glabelle obscurément quadrangulaire, à peu près dépourvue de lobation. Thorax peu renflé, treize anneaux; axe très-large et fort peu distinct des plèvres. Côtés du pygidium non divisés en plèvres.

Homalonotus Omaliusii, Sp. n.

(Pl. 1, fig. 4, 5, 6, 7, 8 et 9.)

Tête triangulaire, tronquée au sommet. Glabelle trapézoïdale ayant à peu près le double de largeur à la base qu'au sommet. Angle génal arrondi. La tête est d'aspect triangulaire avec les contours arrondis. Les yeux sont placés à peu près vers le milieu de la hauteur des joues, et en contact avec le sillon de la glabelle.

Thorax à treize segments. Une grande partie du genou articulaire reste à découvert, même lorsque l'animal est étendu. La largeur de l'axe diminue vers l'arrière pour devenir très-petite dans le pygidium. La trilobation est peu prononcée dans le thorax, mieux sur la tête et surtout dans le pygidium; elle est marquée par des sillons plus ou moins bien prononcés suivant les parties où la trilobation l'est. L'axe est plus large que les lobes latéraux dans le thorax, à peu près d'égale largeur dans la tête, et moindre dans le pygidium.

Le pygidium est triangulaire ou semi-circulaire. L'axe proéminent occupe moins du tiers de la largeur, à sillons dorsaux prononcés; il n'atteint pas l'extrémité. L'axe s'atténue en forme de pyramide et n'a guère à l'extrémité que la moitié de la largeur qu'il avait au contact du thorax. Huit articulations ou segments à l'axe; sept côtes sur chaque lobe latéral, sans que nous osions garantir que ce soit le nombre exact. Rainures intercostales atteignant le bord. Test finement granulé.

Nous possédons de cette espèce d'assez nombreux fragments consistant en têtes, pygidiums, quelques portions de thorax dont plusieurs présentent des traces d'enroulement. Des têtes unies à des thorax, quelques thorax réunis à des pygidiums, et enfin un exemplaire complet, mais en mauvais état, prouvent que tous ces fragments appartiennent à la même espèce.

Nous avons dédié cette espèce à notre savant maître en géologie, M. d'Omalius d'Halloy.

Localités. — Tous nos exemplaires proviennent de Grand-Manil, à l'exception d'un seul qui est enroulé et qui a été trouvé entre Malonne et Buzet. Cette espèce présente quelques ressemblances avec *H. Brongnarti*, Deslongchamps des grès de May, et *H. bisulcatus*, Salt., du Caradoc et du Llandovery d'Angleterre sous le rapport des pygidiums, mais elle en diffère quant aux têtes.

Genre **LICHAS**, *Dalm.*

Tête très-bombée, à contour extérieur formé par un limbe peu développé; caractérisée par la forme du lobe médian de la glabelle et par la lobation particulière de cette dernière. Surface de la tête divisée en un grand nombre de compartiments. Compartiments ou lobes de la glabelle variables en nombre et en forme. Joue mobile étroite et triangulaire. La tête est très-petite comparativement au pygidium.

Thorax à onze segments, axe saillant aminci à l'arrière; lobes latéraux coudés à une partie de leur largeur; extrémité des plèvres coudée vers l'arrière et prolongée en pointe plus ou moins longue.

Pygidium plus ou moins triangulaire. Axes et lobes latéraux souvent à trois segments. Axe bombé près du thorax, portant deux articulations très-courtes, suivies d'une troisième beaucoup plus longue, qui, vers le milieu de la surface, s'affaisse subitement, et se prolonge souvent par une côte mince jusqu'au bord.

Lichas laxatus, *M^c Coy* [1].

(Pl. II, fig. 1, 2, 3, 4 et 5.)

Nous rapportons à cette espèce divers fragments de têtes et de pygidiums.

Le corps médian de la glabelle présente, vers le front, une largeur au moins triple de celle de sa base vers l'arrière. Le pygidium est formé de trois plèvres composées chacune de deux bandes aplaties, prenant une grande dilatation en largeur. En apparence, il semble y avoir six plèvres. Le pygidium est échancré au droit de l'axe. La superficie du test est ornée d'une granulation très-fine.

Localités. — Grand-Manil, Fauquez, dans le massif du Brabant; Fosses, dans celui de Sambre-et-Meuse.

Dans les Iles Britanniques, cette espèce se rencontre dans le Caradoc et le Llandovery.

Genre **TRINUCLEUS**, *Lhwyd.*

Corps de forme ovalaire, à trilobation distincte dans toute son étendue. Tête très-développée à limbe orné de perforations, à contour intérieur concave; il se prolonge en une longue pointe à l'angle génal; glabelle très-saillante, dilatée au front, amincie vers l'arrière et limitée par des sillons dorsaux prononcés. Yeux manquants dans quelques espèces. Joues triangulaires, curvilignes plus ou moins bombées.

[1] M^c Coy, *A Synopsis of the silurian fossils of Ireland*, pp. 48 et 51, et pl. IV, fig. 9 et 14. London, 1862. Le pygidium de cette espèce y est considéré comme appartenant au genre *Calymene* et décrit sous le nom de *Calymene? forcipata*, M^c Coy.

Thorax à six segments; il occupe moins d'espace que la tête; anneaux séparés par des rainures marquées. Axe saillant, moins large que les lobes latéraux.

Pygidium triangulaire ou arrondi, à surface horizontale; il est entouré d'un bord vertical strié.

Trinucleus seticornis, *His* [1].

(Pl. II, fig. 6 et 7.)

La tête occupe environ le tiers et le pygidium le quart de la longueur totale. Glabelle sphéroïdale, pédonculée, divisée en deux parties distinctes; la partie antérieure est saillante et sphérique, la partie postérieure, basse et étroite. Limbe presque vertical orné de perforations et se prolongeant à l'angle génal en une longue pointe au delà du pygidium et se dirigeant parallèlement à l'axe; joues ornées de tubercules oculaires. Nous avons quelques fragments de joues, munis d'un réseau polygonal.

Six segments au thorax. L'axe saillant occupe plus de la moitié de la largeur d'un lobe latéral; ses anneaux sont séparés par des rainures très-marquées, dont chaque extrémité offre une cavité profonde. Les plèvres sont horizontales à bout incliné vers l'arrière.

Pygidium semi-circulaire; axe se prolongeant jusqu'au bord en pointe émoussée; rainure concentrique le long du bord extérieur.

Notre espèce a également de grands traits de ressemblance avec *Tr. Bucklandi*, Barr [2]. Nos exemplaires ont des caractères qui les rapprochent de *Tr. Bucklandi* et de *Tr. seticornis*, espèces équivalentes; il en diffère par les anneaux du pygidium qui sont plus larges et portent une série de cavités de chaque côté.

M. J. Barrande [3], après avoir fait ressortir et discuté les légères différences qui paraissent exister entre *Trinucleus Bucklandi*, Barr et *Tr. seticornis*, His, dit : « Nous espérons que les différences qui semblent encore séparer spécifiquement les Trilobites comparés de Bohême, de Suède et des Iles Britanniques, s'évanouiront peu à peu, à mesure que le nombre des individus observés s'accroîtra dans les contrées étrangères. Alors *Tr. seticornis* deviendra un des fossiles les plus caractéristiques de la division silurienne inférieure. » Nous préférons ici de rapporter notre espèce à *Tr. seticornis*, vu la grande analogie que présente notre faune avec celle des Iles Britanniques. Il est plus naturel d'y trouver des espèces semblables qu'en Bohême.

Localités. — Grand-Manil, où nous avons rencontré les exemplaires les plus

[1] Murchison, *Siluria*, p. 69, fig. 1 et 2.

[2] J. Barrande, *Syst. silur.*, vol. I, Planches, pl. XXIX, fig. 10 à 17, et pl. XXX, fig. 14, 15 et 16.

[3] *Ibid.*, vol. 1, Texte, p. 625.

complets, Fauquez, Rebecq-Rognon, Chenois, dans le massif du Brabant; Vitrival, Fosse, Dave, Les Tombes, dans celui de Sambre-et-Meuse. C'est, comme on le voit, une des espèces caractéristiques de nos divers gîtes.

Le genre *Trinucleus* caractérise la faune seconde, en Angleterre, en Irlande, en Bohême, aux États-Unis, en France, en Norwége et en Suède. Le *Tr. seticornis* se rencontre en Angleterre dans le grès de Caradoc. Le *Tr. Bucklandi,* Barr., espèce équivalente, se rencontre en Bohême dans l'étage D.

Genre **AMPYX**, *Dalm.*

Ce genre est surtout caractérisé par sa tête subtriangulaire, sa glabelle limitée par des sillons dorsaux très-distincts, à lobe frontal saillant en avant du contour des joues, à saillie terminée par une pointe droite dirigée suivant l'axe. Pas d'organe de la vue.

Ampyx nudus, *Murch.*

(Pl. II, fig. 8.)

Nous possédons quelques têtes appartenant au genre *Ampyx;* nous les rapportons à *A. nudus,* Murch. [1].

Tête présentant une forme triangulaire, plutôt isosceèle qu'équilatérale. Pas de limbe sur le contour extérieur. Glabelle rhomboïdale, à front terminé par un commencement de pointe. Joues triangulaires bordées en arrière par un sillon peu profond et un limbe étroit.

Les rares têtes en mauvais état paraissent se rapporter, soit à *A. nudus,* Murch., soit à *A. Portlocki,* Barr. [2]. Ces espèces appartiennent à deux groupes différents d'*Ampyx,* le premier caractérisé par six segments et le second par cinq segments au thorax. Ces derniers éléments nous font complétement défaut.

Localités. — Grand-Manil.

Ampyx Portlocki, Barr., se rencontre en Bohême dans l'étage D et *A. nudus*, Murch., en Angleterre dans le Llandeilo.

Genre **ASAPHUS**, *Brongn.*

(Pl. II, fig. 9.)

Nous rapportons à ce genre un hypostôme.

Localités. — Grand-Manil.

Asaphus est un des genres caractéristiques de la faune seconde.

[1] Murchison, *Siluria,* p. 206, fig. 7. London, 1867.

[2] J. Barrande, *Syst. silur., Boh.,* vol. I, Planches, pl. XXX, fig. 24 à 28.

Genre **ILLÆNUS**, *Dalm.*

Corps large, convexe. Tête semi-elliptique, souvent plus large que longue, presque lisse. Glabelle non lobée, peu distincte du reste de la surface. Yeux très-distants et rejetés sur les côtés. Thorax plus petit que la tête et le pygidium, à huit ou dix segments, à axe plus large ou moins large que les lobes latéraux. Pygidium aussi développé que la tête, lisse, arrondi, bombé, souvent sans trace de segmentation.

Illænus Bowmanni, *Salt.* [1]

(Pl. II, fig. 10 et 11.)

Tête semi-elliptique, très-bombée. La glabelle est limitée par deux sillons profonds qui disparaissent à peu près au cinquième de la longueur de la tête. Le thorax a l'axe séparé des lobes latéraux par un sillon dorsal, modérément prononcé. Largeur de l'axe un peu plus grande au sommet qu'à la base. Chaque plèvre porte une petite cavité située à son origine dans le sillon dorsal près du bord postérieur. Pygidium semi-elliptique.

Nous avons rapporté à *Ill. Bowmanni*, Salt. différentes têtes et pygidiums, la plupart en mauvais état, qui nous paraissent appartenir à la section des *Bumastus*, et deux thorax, dont l'un, plus complet, possède dix segments et est muni du pygidium.

Les têtes se rapprochent de celles de *Illænus Bowmanni*, Salt.

Le thorax a dix segments comme *Ill. Salteri*, Barr., mais la forme est plus bumastoïde [2].

Localités. — Thorax à Grand-Manil.

Têtes et pygidiums. Grand-Manil, dans le massif du Brabant; Roux, Vitrival, Fosses, Les Tombes, dans celui de Sambre-et-Meuse.

Illænus Bowmanni, Salter, se trouve dans les Iles Britanniques dans le Caradoc et le Llandovery.

Genre **ACIDASPIS**, *Murch.*

Nous possédons de ce genre un moule interne en mauvais état, comprenant une portion de la glabelle et un fragment de la joue fixe.

Localités. — Grand-Manil.

[1] Salter, *Monogr. Trilob.*, p. 185, pl. XXVIII, fig. 7 à 13. (*Palæontographical Society.* London, 1865.)

[2] J. Barrande, *Syst. silur.*, vol. I, Planches, pl. XL, fig. 26 et 27.

Genre **CHEIRURUS**, *Beyrich.*

(Pl. II, fig. 12 et 13.)

Nous possédons quelques têtes et hypostômes appartenant à ce genre.

Tête semi-circulaire, à glabelle hemisphéroïdale, ressemblant à celles des *Sphærexochus* par la forme des trois paires de sillons. La suture faciale et les cavités qui ornent les joues la rangent dans les *Cheirurus*. Glabelle un peu rétrécie vers l'arrière. Trois sillons à peu près également espacés de chaque côté de la glabelle; l'inférieur détermine une espèce de lobe sphérique, les deux autres sont rectilignes presque transverses, et ne sont tracés que sur les flancs.

Localités. — Grand-Manil.

Nos fragments rappellent *C. globosus*, Barr., espèce qui existe en Bohême dans l'étage D [1].

Genre **SPHÆREXOCHUS**, *Beyrich.*

—

Sphærexochus mirus, *Beyr.*

(Pl. II, fig. 14, 15 et 16.)

Tête semi-circulaire. Glabelle enflée semi-sphéroïdale, portant sur l'arrière, de chaque côté, un lobe tuberculoïde. L'espace qui sépare ces lobes est plus grand que leur diamètre. La surface des joues est presque verticale. Joue fixe très-petite. Joue mobile triangulaire sphérique[2].

Localités. — Une seule tête a été trouvée à Fosses, par M. J. Gosselet.

En Bohême, cette espèce se trouve dans l'étage E de la faune troisième et dans les colonies [3].

En Angleterre, elle se rencontre dans les divisions inférieures et supérieures : les grès de Caradoc, le Llandovery? et le Wenlock.

Aux États-Unis, on l'observe dans les groupes de Clinton et de Niagara.

Genre **ZETHUS**, *Pander.*

Corps ovalaire trilobé. Tête hémisphérique, à glabelle plus ou moins profondément lobée. Yeux très-développés et très-saillants. Suture faciale très-apparente. Thorax à douze

[1] J. Barrande, *Système silurien du centre de la Bohême*, vol. I, Texte, pp. 776 à 778, et vol. I, Planches, pl. XXXV, fig. 1 à 7, et pl. XL, fig. 26 et 27.

[2] *Ibid.*, vol. I, Texte, pp. 808 à 810, et vol. I, Planches, pl. XLII, fig. 16 à 25.

segments; les plèvres sont pourvues d'une facette ou biseau très-développé; les cinq premières diffèrent notablement des sept dernières. Pygidium terminé par des épines; quatre plèvres développées sur chacun des lobes latéraux du pygidium; chaque plèvre a un sillon longitudinal très-prononcé qui divise sa surface en deux côtes subégales.

ZETHUS VERRUCOSUS, *Pand.*

(Pl. II, fig. 17, 18, 19, 20 et 21).

Nous possédons du genre *Zethus*, des têtes isolées ou unies à des portions de thorax, des joues mobiles et des pygidiums; ceux-ci sont les plus nombreux. Ils se rapportent au *Zethus verrucosus*, Pand. (*Cybele verrucosa*, Dalm[1], *Cybele atractopyge*, M^c^ Coy).

Tête hémisphérique à glabelle bien limitée, portant trois sillons qui se dirigent obliquement vers la base. Yeux très-développés et très-saillants. Toute la surface de la tête est verruqueuse.

On indique douze segments au thorax. Nous n'en avons pu constater que dix sur nos exemplaires incomplets. Les plèvres sont pourvues d'une facette ou biseau très-développé. Les cinq premières plèvres diffèrent des autres. La partie voisine du sillon dorsal est d'apparence noduleuse.

Le pygidium a seize anneaux sur l'axe, y compris les quatre dont le prolongement forme les lobes. Ils sont tellement rapprochés que l'on pourrait les considérer comme des subdivisions de véritables anneaux. Chaque plèvre forme un quart de cercle, puis devient parallèle à la terminaison de l'axe. Ces plèvres sont verruqueuses. Cette espèce est susceptible d'enroulement.

Localités. — Grand-Manil, Fauquez, Rebecq-Rognon, Chenois (Hennuyères) dans le massif du Brabant; Vitrival, Fosses, Dave dans celui de Sambre-et-Meuse; c'est une des espèces de Trilobites les plus abondantes de notre silurien.

Le genre *Zethus* caractérise la faune seconde d'Angleterre (Llandeilo et Caradoc), de Russie et de Suède.

GENRE **AMPHION**, *Pander.*

Nous avons un fragment de pygidium de ce genre caractéristique de la faune seconde.

Localités. — Grand-Manil.

[1] MURCHISON, *Siluria*, p. 206, fig. 2. London, 1867.

Genre **CROMUS**, *Barr.*

Nous possédons un pygidium appartenant à ce genre.

Localités. — Roux.

Ce genre n'a été rencontré jusqu'à présent que dans la faune troisième de Bohême et de France.

CÉPHALOPODES.

—

Genre **ORTHOCERAS**, *Breyn.*

Coquille droite, allongée, conique, cloisonnée d'une extrémité à l'autre. Cloisons transverses, percées par un siphon petit ou médiocre, ventral ou subventral, non renflé extérieurement; ouverture quelquefois contractée. Test plus ou moins épais, à surface externe, soit lisse, soit marquée de stries d'accroissements, orné de côtes saillantes, régulières ou irrégulières, longitudinales ou transversales.

Nous possédons de ce genre de nombreux exemplaires se rapportant à quatre espèces différentes, mais malheureusement en très-mauvais état.

Orthoceras Belgicum, Sp. nov.

(Pl. III, fig. 1 et 2)

Nous réunissons sous ce nom de nombreux fragments que nous avons recueillis surtout à Grand-Manil. Ils présentent les caractères suivants.

Pas de traces de siphon dans la plupart des exemplaires. Sans ornements transversaux autres que les stries d'accroissement ou de contact des loges aériennes. Pas d'ornements longitudinaux. La taille a dû être très-forte, à en juger par les fragments faiblement coniques. Section transverse ellipsoïdale, probablement plus forte par suite d'écrasement. Le siphon est un peu excentrique. Un exemplaire provenant de Fauquez nous montre un siphon qui paraît ovalaire et est situé plus près du centre que du bord.

Les stries d'accroissement sont espacées de $0^m,002$ à $0^m,008$; on observe rarement de plus fines stries espacées de $0^m,001$.

Nous possédons surtout de nombreux moules, écrasés, aplatis, sans traces de test, de cloisons, ni de siphon. Nos plus grands fragments atteignent $0^m,30$ de longueur. La coupe ellipsoïdale d'un exemplaire très-peu déformé

nous a donné pour le grand diamètre $0^m,092$ et pour le petit $0^m,071$.

Plusieurs exemplaires contiennent à l'intérieur des moules de divers Brachiopodes et de Trilobites, surtout de Calymene.

Tous ces débris d'Orthoceras sont en mauvais état et nous ne croyons pas qu'on puisse, quant à présent, les assimiler à d'autres espèces d'une manière certaine. Si nous nous sommes permis d'en créer une, c'est à cause du nombre considérable de fragments et des caractères semblables qui les unissent.

Localités. — Grand-Manil, très-abondant. Fauquez, quelques fragments. Rebecq-Rognon, un exemplaire.

Orthoceras vaginatum ? *Schloth.*

(Pl. IV, fig. 1.)

Anneaux séparés de $0^m,006$ à $0^m,007$ et marqués de stries transverses, 7 à 8 par $0^m,01$ de longueur. Pas de traces de siphon. Nos plus longs fragments ne dépassent pas $0^m,15$. Grand diamètre $0^m,036$, petit diamètre $0^m,017$.

Cette espèce et les suivantes sont relativement rares.

Localités. — Grand-Manil, Rebecq-Rognon, dans le massif du Brabant; Fosses, dans celui de Sambre-et-Meuse.

Orthoceras vaginatum se trouve dans la faune seconde d'Angleterre, de Norwége, de Suède, de Russie, de Thuringe et de Silésie.

Orthoceras bullatum ? *Sow.* [1].

(Pl. III, fig. 5.)

Nos exemplaires présentent des stries transverses et de fines stries longitudinales. Longueur $0^m,07$. Grand diamètre $0^m,028$, petit diamètre $0^m,011$. Pas de traces de siphon.

Localités. — Grand-Manil, Fauquez.

Orthoceras bullatum se rencontre dans la faune troisième des Iles Britanniques. On l'a signalé également en Russie et en Australie.

Dans nos exemplaires les stries d'accroissement sont bien plus rapprochées que dans l'espèce anglaise.

[1] Murchison, *Silaria*, pl. XXIX, fig. 1. London, 1867.

Orthoceras attenuatum? *Sow.* [1].

(Pl. III, fig. 4.)

Nous rapportons à cette espèce un petit *Orthoceras* qui présente également les mêmes caractères que l'espèce précédente : stries transverses et stries longitudinales. Longueur $0^m,015$, largeur $0^m,005$.

Localités. — Grand-Manil.

Orthoceras attenuatum se rencontre en Angleterre dans le Wenlock.

Genre **CYRTOCERAS**, *Goldfuss.*

(Pl. III, fig. 5.)

Nous rapportons, avec doute [2], à ce genre un fragment de moule interne, conique, arqué en forme de corne, à section ellipsoïde, à cloisons distantes d'environ $0^m,005$. Ornements transverses indiquant seuls le contact des chambres aériennes. Sans traces de siphon. Grand diamètre $= 0^m,050$, petit diamètre $= 0^m,025$.

Ce fragment se rapproche des *Cyrtoceras* par sa forme conique, courte, arquée, à diamètre ventro-dorsal prédominant.

Localités. — Un seul exemplaire à Grand-Manil.

Genre **LITUITES**, *Breyn.*

—

Lituites cornu-arietis, *Sow.* [3].

(Pl. III, fig. 6.)

Nous rapportons au genre *Lituites* différents fragments.

Nous possédons surtout des portions spirales dont la crosse est inconnue.

La surface porte des traces d'ornements obliques ou bien des lamelles saillantes du test. Pas de traces de siphon.

Les grands ornements obliques ressemblent à ceux de *L. cornu-arietis*,

[1] Murchison, *Siluria*, pl. XXVI, fig. 5. London, 1867.

[2] On pourrait se demander comment il se fait que nous ajoutons « avec doute », pour un fragment qui paraît cependant en assez bon état. Mais les divers genres de Céphalopodes sont très-difficiles à caractériser lorsque l'on n'en possède pas des exemplaires complets. Communiqué à un savant géologue et paléontologiste français, M. B., ce *Cyrtoceras* lui a paru pouvoir se rapporter au genre *Lituites*. M. E., savant paléontologiste anglais, a trouvé qu'il ressemblait à *Phragmoceras compressum*.

[3] Murchison, *Siluria*, pl. VII, fig. 10 et pl. XI, fig. 1 et 2. London, 1867.

Sow., aussi rapportons-nous nos fragments à cette espèce ou à une de ses variétés.

Localités. — Grand-Manil. L'exemplaire figuré et divers fragments. Fauquez, un fragment.

On rencontre cette espèce dans la faune seconde des Iles Britanniques, de l'Esthonie et de la Norwége.

GASTÉROPODES.

Nous ne possédons que de mauvais exemplaires de Gastéropodes.

Genre **RAPHISTOMA**. *Hall.*

Raphistoma lenticularis, *Sow.* (sp.) [1].

(Pl. IV, fig. 2.)

Nous avons rencontré plusieurs exemplaires que nous rapportons à *Raphistoma lenticularis*, Sow. (sp.) (*Trochus*, Sil. Syst.).

Localités. — Grand-Manil (massif du Brabant). Un exemplaire à Fosses (massif de Sambre-et-Meuse).

En Angleterre, cette espèce se trouve dans le Llandovery. On l'observe également aux États-Unis.

Genre **PLEUROTOMARIA**, *Defr.*

Pleurotomaria latifasciata, *Portl.*

(Pl. IV, fig. 3.)

Différents fragments nous paraissent se rapporter à *Pl. latifasciata*, Portl. (*Trochonema latifasciata*, M^c^ Coy.)

Localités. — Grand-Manil.

Cette espèce se rencontre dans le Caradoc des Iles Britanniques.

Genre **HOLOPEA**, *Hall.*

Holopea stiatella, *Sow.* (sp.).

(Pl. IV, fig. 4.)

Nous rapportons des formes en mauvais état à ce genre et à *Holopea*

[1] Murchison, *Siluria*, pl. X, fig. 10. London, 1867.

striatella, Sow. (sp.). (*Trochus constrictus*, M^c^ Coy, *Littorina striatella*, Sil. Syst. [1].)

Localités. — Grand-Manil.

Cette espèce existe dans le Caradoc des Iles Britanniques.

HÉTÉROPODES.

Genre **BELLEROPHON**, *Montf.*

Bellerophon bilobatus, *Sow.*

(Pl. IV, fig 5, 6 et 7.)

Nous possédons du genre *Bellerophon* de nombreux exemplaires à l'état de moules aplatis, déformés, sans traces d'ornements; nous les rapportons à *B. bilobatus*, Sow. [2].

Localités. — Gembloux, où il est assez abondant. Fauquez, deux exemplaires.

Cette espèce se trouve dans le Llandeilo, le Caradoc et le Llandovery des Iles Britanniques; et dans la faune seconde et troisième d'Espagne, de Portugal, de Norwége, de France, des États-Unis, du Canada et à l'île d'Anticosti.

PTÉROPODES.

Genre **CONULARIA**, *Miller.*

Conularia Sowerbyi, *Defr.*

(Pl. IV, fig. 8) [3].

Nous possédons du genre *Conularia* quelques moules incomplets analogues à *Conularia Sowerbyi*, Defr. (*C. quadrisulcata*, Sil. syst., et à *C. proteica*, Barr.), espèces analogues et peut-être identiques.

[1] Murchison, *Siluria*, pl. VII, fig. 4. London, 1867.

[2] *Ibid.*, pl. VII, fig. 9.

[3] *Ibid.*, pl. XXV, fig. 10.

Un des fragments présente une section transverse en losange, et les deux faces, entièrement visibles, sont divisées suivant leur longueur, par une rainure médiane. L'arête visible présente une rainure marquée de filets transverses striés par des lignes longitudinales.

Localités. — Grand-Manil, deux exemplaires.

C. Sowerbyi, Defr., se trouve dans la faune seconde et troisième des Iles Britanniques (Caradoc, Llandovery, Wenlock, Ludlow), de la Bessarabie, de l'Esthonie, de l'Ostrogothie, de la Norwége, des États-Unis et du Canada.

C. proteica, existe en Bohême dans la faune seconde et troisième.

Genre **HYOLITHES**, *Eichwald.*

Nous possédons du genre *Hyolites* (genre *Theca,* Morris), des fragments en mauvais état se rapportant probablement à trois espèces différentes.

Localités. — Grand-Manil, dans le massif du Brabant; Fosses, dans celui de Sambre-et-Meuse; Wiheries, dans celui de Dour.

BRACHIOPODES.

Avant de donner la description des espèces, nous nous permettrons de faire remarquer que nos Brachiopodes, quoique représentés par de nombreux exemplaires, sont à l'état de moules; ils ne seront susceptibles d'une détermination rigoureuse que pour autant que nous puissions parvenir à trouver les différentes parties ou moules d'une même espèce. C'est à quoi tendront nos recherches, et si nous avons le bonheur de nous procurer des exemplaires convenables, nous nous empresserons de les décrire.

Genre **ATRYPA**, *Dalm.*

Atrypa marginalis, *Dalm.*

Nous possédons de ce genre des exemplaires déformés que nous rapportons à *A. marginalis,* Dalm [1].

[1] Murchison, *Siluria*, pl. IX fig. 2, et pl. XXII, fig. 19. London, 1867.

Localités. — Grand-Manil, Fauquez, dans le massif du Brabant; Roux, dans celui de Sambre-et-Meuse.

Cette espèce se rencontre dans les Iles Britanniques, dans le Caradoc, le Llandovery et le Wenlock. On la trouve dans la faune seconde et troisième de Russie (Esthonie et Ural), de Silésie, aux îles de Gothland et Dago, aux États-Unis et à l'île d'Anticosti.

Genre **STRICKLANDINIA**, *Billings.*

Nous rapportons à ce genre un grand moule trouvé dans les quartzites de Wiheries, du massif de Dour. Il rappelle un peu *Strickl. lens*, J. de C. Sowerby [1], espèce que l'on rencontre en Angleterre dans le Llandovery.

Genre **ORTHIS**, *Dalman.*

Coquille ponctuée, oblongue, transverse, inéquivalve, très-déprimée, biconvexe; à stries ou plis rayonnants; avec ou sans bourrelet et sinus. Ligne cardinale plus courte que la largeur de la coquille. Ouverture échancrant les deux aréas, dépourvue de deltidium. Crochets courbés l'un vers l'autre. Valve ventrale portant un prolongement médian en forme de dent, et deux supports latéraux courbés pour les bras; valve dorsale montrant deux impressions musculaires profondes, rapprochées, à bords relevés.

Orthis testudinaria, *Dalm* [2].

(Pl. V, fig. 1, 2, 3 et 4.)

Cette espèce est suborbiculaire ou orbiculaire tronquée, généralement plus large que longue, arrondie ou un peu émarginée sur le devant; charnière linéaire droite, plus courte que la largeur de la coquille. Valve ventrale peu convexe, quelquefois un peu élevée longitudinalement vers le milieu; bec petit, incurvé; aréa étroite. Valve dorsale à peu près aplatie, avec une dépression longitudinale le long du milieu. Surface des deux valves couverte de nombreuses côtes radiées, filiformes, qui s'accroissent en nombre, à différentes distances du bec, par bifurcation ou par l'interposition d'une ou de deux petites stries placées entre chaque paire de grandes valves; celles-ci, marquées de stries concentriques d'accroissement. Dans l'intérieur de la valve dorsale, processus cardinal allongé et déviant, situé entre deux petites lames brachiales; les impressions musculaires

[1] Murchison, *Siluria*, pl. VIII, fig. 9, 10, 11. London, 1867.

[2] Les descriptions spécifiques des Brachiopodes sont faites d'après l'excellent ouvrage de M. Davidson : *The Silurian Brachiopoda*, auquel nous renvoyons pour les indications concernant la synonymie et de plus amples détails.

quadruples sont petites et divisées en paires par une large élévation médiane. Dans la valve ventrale l'aréa musculaire est très-développée, allongée et fourchue vers le front [1].

Localités. — Grand-Manil (très-abondant), Fauquez et Rebecq-Rognon, dans le massif du Brabant; Roux et Fosses, dans celui de Sambre-et-Meuse.

Dans les Iles Britanniques cette espèce se rencontre dans le Llandeilo, le Caradoc et le Lower Llandovery. On la trouve également en Ostrogothie, en Suède, dans l'île de Sardaigne; dans le Trenton Limestone de l'État de New-York, au Canada, etc.

Orthis vespertilio, *J. de C. Sowerby.*

(Pl. V, fig. 5, 6, 7 et 8.)

Cette espèce est quadrangulaire, arrondie. La plus grande largeur est ordinairement vers la charnière, quelquefois vers le milieu de la coquille. Côtés très-peu concaves, arrondis à leur extrémité cardinale; dans quelques individus ces côtés forment de petites ailes mucronées ou des prolongements angulaires; front dentelé sur une courbe convexe. La valve dorsale est convexe, divisée longitudinalement en deux lobes par un profond sinus médian obtus; les portions latérales de la valve qui aboutissent aux extrémités de la charnière sont aplaties. Valve ventrale convexe au bec, mais devenant insensiblement concave en approchant du front et de la marge; un bourrelet médian fort proéminent avec un sommet brièvement angulaire, s'étend de l'extrémité du bec au front; aréa triangulaire, fissure ouverte. La surface des valves est marquée par de nombreuses stries rayonnantes, anguleuses, souvent dichotomes en s'accroissant par l'interposition de côtes additionnelles qui sont souvent arrangées en groupes de quatre ou cinq d'inégale longueur et largeur. Dans l'intérieur de la valve dorsale processus cardinal allongé situé entre deux petites lames brachiales déviantes. Dans l'intérieur de la valve ventrale, le muscle de l'aréa est en forme de soucoupe et borné par une légère proéminence [2].

Localités. — Grand-Manil, Fauquez, Rebecq-Rognon, dans le massif du Brabant; Roux, Fosses, Dave, dans celui de Sambre-et-Meuse.

En Angleterre, cette espèce se rencontre dans le Caradoc et le Lower Llandovery; on la trouve dans le Caradoc d'Écosse et d'Irlande, et en Russie.

[1] L'*Orthis testudinaria*, Dalm (Th. Davidson, *A monograph of the British fossil Brachiopoda*: *The Silurian Brachiopoda*, pp. 226 à 228, pl. XXVIII, fig. 13 à 24. London, 1867) a été décrit sous ce nom spécifique par Hisinger, Sowerby, Conrad, Mc Coy, Phillips et Salter, Meneghini, et sous celui d'*Orthis striatula*, par Conrad, Salter.

[2] L'*Orthis vespertilio*, J. de C. Sowerby (Th. Davidson, *The Silurian Brachiopoda*, pp. 256 à 257, pl. XXX, fig. 11 à 21, London, 1867) a été décrit sous ce nom spécifique par Portlock, Mc Coy, P. Schmidt, Salter, et sous celui d'*Orthis biloba*, par J. de C. Sowerby, Portlock.

Orthis calligramma, *Dalm.*

(Pl. V, fig. 9, 10, 11 et 12.)

Cette espèce est transversalement semi-circulaire, ordinairement plus large que longue, atteignant sa plus grande largeur vers le milieu. Côtés et front arrondis. Charnière ne dépassant pas le bord de la coquille. Valve ventrale uniformément convexe avec un bec petit incurvé, ne dépassant pas de beaucoup la pointe de l'aréa; aréa modérément élargie, fissure triangulaire ouverte. Valve dorsale ordinairement beaucoup moins profonde que la valve opposée, quelquefois très-peu déprimée vers l'avant. La surface des valves est marquée de seize à vingt côtes arrondies, simples, rayonnantes; avec des intervalles concaves de dimension variable entre chaque paire de côtes, et dans lesquels on peut apercevoir, à l'aide d'une loupe, deux ou trois lignes très-fines longitudinales; côtes croisées par des lignes concentriques équidistantes. Dans l'intérieur de la valve dorsale, un petit processus cardinal remplit le centre de la fissure triangulaire et une large cloison longitudinale sépare en deux paires les deux cicatrices ovales, laissées par le muscle adducteur; les processus brachiaux sont petits. Dans l'intérieur de la valve ventrale, la dépression musculaire en forme de soucoupe est d'une grandeur modérée [1].

Localités. — Grand-Manil, Fauquez, dans le massif du Brabant; Roux, Vitrival, Fosses, Dave, Arville (Mozet), dans le massif de Sambre-et-Meuse.

Cette espèce remarquable a une grande extension verticale et géographique. En Angleterre, on la signale dans le Llandeilo? le Caradoc, le Llandovery et le Wenlock. On la rencontre également en Écosse, en Irlande, en Russie, en Suède, en Amérique et dans l'île d'Anticosti.

Orthis porcata, *M^c Coy.*

(Pl. V, fig. 13 et 14.)

Cette espèce est semi-circulaire, semi-elliptique ou très-peu subquadrangulaire, un peu plus large que longue; sa plus grande largeur est vers le milieu de la longueur; la ligne de la charnière est moins grande que la plus grande largeur de la coquille; extrémités cardinales anguleuses; côtés et front arrondis. Valve ventrale plus ou moins

[1] L'*Orthis calligramma*, Dalm, a été signalé sous ce nom spécifique par Hisinger, von Buch, De Verneuil, Davidson, Phillips et Salter, Quenstedt, M^c Coy, Salter, F. Schmidt, d'Eichwald; sous celui d'*Orthis transversa*, *O. semicircularis*, *O. tetragona*, *O. rotundata*, *O. rotunda*, *O. æqualis*, *O. lata*, *O. plana*, *O. ovata*, par Pander; d'*O. callactis*, *O. virgata*, par Sowerby; *O. orthambonites*, par von Buch, d'Eichwald; *O. flabellulum*, J. Hall, de Castelnau; *O. Davidsoni*, de Verneuil, Lindström, *Orthisina Scotica*, M^c Coy, *Orthambonites crassicosta*, et *O. eminens*, Pander. (Th. Davidson, *The British Silurian Brachiopoda*, pp. 240 à 245, pl. XXXV, fig. 1 à 24; pl. XXXVII, fig. 2. London, 1867.)

aplatie ou très-peu convexe vers le bec et sur les portions latérales, modérément comprimée ou très-peu concave longitudinalement vers le milieu, de manière à former au bas de la marge une courbe peu convexe. L'aréa est peu large et possède au milieu une fissure triangulaire ouverte. Valve dorsale également convexe, mais variant beaucoup dans la profondeur comme dans la convexité. Surface des valves marquée par un grand nombre d'étroites et hautes côtes rayonnantes, de quarante à quatre-vingts, avec des intervalles d'une égale hauteur. Les côtes augmentent en nombre à une petite distance du bec et également au voisinage de la marge par l'interposition d'une ou deux petites côtes intermédiaires entre les plus longues; le tout étant par intervalle séparé par des lignes concentriques d'accroissement Dans l'intérieur de la valve ventrale, le muscle de l'aréa est remarquablement carré et dentelé vers le front. Dans la valve dorsale, processus cardinal petit et placé entre deux lames brachiales déviantes, d'une grandeur modérée; cicatrices musculaires ovales séparées par des élévations arrondies [1].

Localités. — Quelques exemplaires à Grand-Manil.

Cette espèce caractéristique du Caradoc des Iles Britanniques se rencontre également dans le Hudson-river group près Cincinnati, dans le Trenton Limestone d'Ottawa, à l'île d'Anticosti, etc.

Orthis Actoniæ, *Sow.*

(Pl. V, fig. 15, 16, 17 et 18.)

Cette espèce est semi-circulaire, plus large que longue; la plus grande largeur se trouve à la ligne de la charnière; les extrémités cardinales s'étendent en forme de très-petites ailes mucronées; front et côtés arrondis. Valve ventrale convexe, sans sinus, aplatie vers les ailes; aréa étroite, foramen ouvert; bec petit, incurvé. Valve dorsale plate ou peu concave, aplatie vers les côtés près des extrémités cardinales. La surface externe des deux valves est ornée d'un nombre variable de fortes côtes anguleuses, lesquelles s'accroissent par l'interposition d'une ou deux petites côtes qui se placent entre les paires les plus larges. Les côtes des individus jeunes sont simples et comparativement peu nombreuses, avec de larges intervalles; la surface est aussi couverte de fines lignes concentriques. Dans l'intérieur de la valve ventrale, il existe une dent proéminente sur chaque côté de la fissure, supportée par de petites plaques dentales très-courtes, qui entourent particllement une dépression musculaire d'une grandeur modérée en forme de soucoupe avec le bord élevé. Dans l'intérieur de la valve dorsale, le processus cardinal est situé entre deux processus brachiaux et dans les côtés extérieurs sont placées les alvéoles de la char-

[1] L'*Orthis porcata*, M^c^ Coy (Th. Davidson, *The Silurian Brachiopoda*, pp. 250 à 252, pl. XXXI, fig. 12 à 20; pl. XLVI, fig. 4. London, 1871), a été également décrit sous ce nom par Salter, Billings; et sous celui de *O. grandis*, Portlock, *O. inflata*, Salter; *O. Carleyi*, Hall; *O. retrorsa*, Billings; *O. Anticostiensis*, Shaler.

nière; la quadruple impression du muscle adducteur est divisée par un bourrelet longitudinal, et chaque paire est encore divisée par un petit bourrelet oblique [1].

Localités. — Cette espèce qui, dans le jeune âge, rappelle l'*Orthis calligramma*, se rencontre assez abondamment à Grand-Manil; elle se trouve également à Fauquez, Rebecq-Rognon, dans le massif du Brabant; à Roux, Fosses, Arville (Mozet), dans celui de Sambre-et-Meuse.

C'est une des espèces les plus caractéristiques du silurien d'Angleterre et d'Irlande, où elle se trouve dans le Llandeilo, le Caradoc et le Llandovery.

Orthis biforata, *Schloth*, sp.

(Pl. V, fig. 19, 20, 21 et 22.)

Cette espèce est transversalement semi-elliptique ou subquadrangulaire, plus large que longue; plus ou moins globuleuse; longueur et profondeur variant très-peu; ligne de la charnière dépassant plus ou moins les côtés de la coquille, et dépassant même quelquefois la largeur générale par des ailes aiguës mucronées, ou terminées d'une manière arrondie. La valve ventrale est brusquement divisée au front et s'endente dans la valve opposée; les becs des deux valves sont incurvés et sensiblement les mêmes. Valve ventrale convexe avec un large et profond sinus médian commençant à l'extrémité du bec et s'élargissant en s'approchant du front; aréa triangulaire d'une hauteur modérée, fissure ouverte. Valve dorsale plus profonde que l'autre et quelquefois bossue avec un large bourrelet longitudinal commençant à l'extrémité du bec et s'étendant vers le front; aréa moins large que dans la valve opposée; fissure ouverte. La surface des deux valves est ornée d'un plus ou moins grand nombre de côtes anguleuses rayonnantes; une à cinq, et dans quelques variétés même plus, se trouvent dans le sinus, et deux à six ou sept sur le bourrelet. Les valves sont également couvertes de lignes concentriques et la surface est aussi marquée de petites ponctuations. Dans l'intérieur de la valve ventrale, une dent proéminente existe sur chacun des côtés de la fissure et est supportée par de fortes assiettes dentales qui renferment et allongent la cavité musculaire arrondie, de dimension modérée. Dans l'intérieur de la valve dorsale, on n'observe aucun processus cardinal proéminent, mais deux processus brachiaux venant de l'extrémité du bec. Le muscle quadruple forme quatre véritables cavités très-distinctes, fortement marginées et divisées longitudinalement et transversalement par une élévation en forme de croix ou de crosse [2].

[1] L'*Orthis Actoniæ*, Sow., a été décrit sous les mêmes noms spécifiques par J. de C. Sowerby, Mc Coy, Phillips et Salter. (Th. Davidson, *The Silurian Brachiopoda*, part. VII, pp. 252 à 254, pl. XXXVI, fig. 5 à 17.)

[2] Cet important type silurien, *Orthis biforata*, Schloth. (sp.) (Th. Davidson, *The Silurian Brachipoda*, part. VII, pp. 268 à 275, pl. XXXVIII, fig. 11 à 25; London, 1871), a été donné

Localités. — Cette espèce est une des plus répandues dans le silurien de la Belgique; sa forme l'a fait prendre, à tort, pour un *Spirifer*. On la rencontre à Grand-Manil, Fauquez, Rebecq-Rognon, dans le massif du Brabant; à Roux, Vitrival, Fosses, Dave, Arville (Mozet), Les Tombes, dans celui de Sambre-et-Meuse.

Cette espèce a une grande extension verticale et géographique. On la trouve dans le Llandeilo, le Caradoc, le Llandovery et le Wenlock des Iles Britanniques; en Russie, dans l'île d'OEland; en Scandinavie, dans l'île de Gothland, etc.; en Amérique dans le Trenton Limestone des États-Unis et au Canada.

Genre **STROPHOMENA**, *Rafinesque.*

Coquille plus ou moins semi-circulaire, présentant sa plus grande largeur à la ligne cardinale. Valves plus ou moins concaves-convexes, crénelées sur le bord cardinal, courbées régulièrement, géniculées, déprimées, lisses, pourvues de côtes ou de stries rayonnantes. Charnière linéaire, droite et munie de deux dents divergentes, reçues dans deux fossettes; aréa double. Valve ventrale ayant une échancrure anguleuse couverte partiellement par un pseudo-deltidium convexe; crochet déprimé, rarement perforé par un petit trou chez quelques espèces; quatre dépressions musculaires, la paire centrale étroite, la paire externe en éventail. Valve dorsale ayant un processus cardinal bilobé, situé entre les fossettes dentaires et quatre dépressions pour les muscles adducteurs. Les valves sont presque plates jusqu'à ce qu'elles approchent de la fin de leur croissance, puis elles se courbent alors brusquement d'un côté.

Strophomena rhomboidalis, *Wilckens*, sp.

(Pl. IV, fig. 13 et 14.)

Coquille plus ou moins transversalement semi-circulaire ou subquadrangulaire; valves géniculées; charnière linéaire droite et aussi large que la plus grande hauteur de la coquille, avec des angles cardinaux arrondis, quelquefois prolongés en forme d'ailes déployées. Valve ventrale très-peu convexe vers le bec et devenant aplatie à une certaine

sous ce nom par Davidson, M^c^ Coy, Salter, Lindström, de Verneuil; et décrit sous les noms spécifiques de *biforatus* ou *biforata*, mais rapporté aux genres *Terebratulites*, par Schlotheim; *Spirifer*, par d'Eichwald, de Verneuil et Keyserling; *Delthyris*, par J. Hall; *Spirifera*, par M^c^ Coy, Phillips et Salter; *Platystrophia*, par King; nommé *Terebratula Lynx*, par d'Eichwald; *Spirifer Lynx*, par M^c^ Coy, von Buch; *Spirifer Sheppardi*, par de Castelnau; *Sp. tridens*, par M^c^ Coy; *Sp. terebratuliformis*, par M^c^ Coy; *Orthis Lynx*, par Quenstedt, Schmidt; *Porambonites dentatus*, et *P. brevis*, par Pander; *Atrypa dorsata*, par Hisinger; *Delthyris brachynota*, par J. Hall.

distance; en vieillissant, elle se courbe vers le bas à peu près à angle droit. Le bord frontal est ondulé concave près des angles cardinaux et ensuite forme une petite courbure latéralement en avant. La partie plate du disque est couverte d'un nombre variable de plis concentriques peu ondulés, souvent interrompus, qui tournent en dehors vers les angles cardinaux et suivant la courbe de la marge. La surface entière est aussi couverte de stries nombreuses, rayonnantes, filiformes; souvent un petit trou existe à l'extrémité du bec, dans le jeune âge. Valve dorsale concave, suivant ordinairement les courbures de la valve opposée et également ridée et striée. Dans l'intérieur de la valve ventrale il y a deux dents articulées divergentes, avec des alvéoles sur la valve opposée. Les impressions musculaires de cette valve sont bornées par une élévation semi-circulaire, partant de la base des dents et courbée sur chaque côté en une dépression en forme de soucoupe; l'adducteur ou l'occluseur laisse une cicatrice sur l'un et l'autre côté, fermée par une petite élévation médiane; les muscles cardinaux ou divaricateurs remplissent sur l'un et l'autre côté la portion antérieure de la cavité. Dans l'intérieur de la valve dorsale, le processus cardinal est divisé en deux lobes qui ne sont pas réunis avec le sommet des alvéoles; de la base de celle-ci une petite élévation médiane se dirige vers le bas et sépare en deux paires de cicatrices l'adducteur ou l'occluseur; elles sont bordées par des élévations proéminentes. Les impressions vasculaires consistent en de larges vaisseaux primaires, qui vont directement dans une seule direction, de près du milieu de la valve à une petite distance du bord frontal; quelques-uns des vaisseaux bifurquent quelquefois [1].

Localités. — Grand-Manil, Fauquez, Rebecq-Rognon, dans le massif du Brabant; Roux, Vitrival, Fosses, Dave, Arville (Mozet), Les Tombes, dans celui de Sambre-et-Meuse.

Cette espèce a une très-grande extension verticale et géographique; on la rencontre à partir de la faune seconde, jusque dans le carbonifère inclusi-

[1] Cette espèce a été décrite sous ces noms par Davidson, Lindström, Haswell, et sous le nom spécifique de *rhomboidalis*, avec le nom générique de *Conchita*, par Wilckens; d'*Anomites*, par Wahlenberg; avec le nom spécifique de *depressus* ou *depressa* et rapportées aux genres *Producta*, par Sowerby; *Leptæna*, par Dalman, Hisinger, J. de C. Sowerby, d'Eichwald, de Koninck, de Verneuil, Davidson, Barrande, Phillips et Salter, Quenstedt, Mc Coy; *Productus*, par Defrance, Deshayes; *Strophomena*, par Vanuxem; *Orthis*, par Portlock, Quenstedt, C. F. Roemer; *Strophomena*, par Hall, Davidson; avec le nom spécifique de *rugosus* ou *rugosa* et rapportée aux genres *Producta*, par Hisinger; *Leptæna*, par Dalman, Hisinger, Phillips, Fischer de Waldheim; *Strophomena*, par Brown, von Buch, Schmidt; *Orthis*, par d'Eichwald. Elle a encore reçu les noms de *Leptæna tenuistriata*, Sowerby; *Strophomena undulata*, Vanuxem; *Strophomena tenuistriata*, par Hall, Schmidt, Salter; *Productus Twamleyi*, par Davidson. (Th. Davidson, *The Silurian Brachiopoda*, part. VII, pp. 281 à 285, pl. XXXIX, fig. 1 à 21, pl. XLIV, fig. 1.)

vement. On la trouve dans le Caradoc, le Llandovery, le Wenlock et le Ludlow des Iles Britanniques; elle a été également observée en Ostrogothie, dans l'île de Gothland, en Norwége, en Russie, en Bohême, aux États-Unis, au Canada et dans l'île d'Anticosti.

Genre LEPTÆNA, *Dalman.*

Valves régulièrement courbées, plus ou moins semi-circulaires et concaves-convexes ou involutées, ordinairement finement striées. Valve dorsale concave, épaissie, à impressions musculaires, larges et allongées. Charnière longue et linéaire, ayant une dent sur la valve dorsale et une dent trifide sur la valve ventrale.

Leptæna sericea, *Sow.*

(Pl. IV, fig. 15, 16, 17 et 18.)

Cette espèce est transversalement semi-circulaire, plus longue que large. Charnière aussi large, ou dépassant un peu le pourtour de la coquille. Extrémités cardinales anguleuses, quelquefois auriculées semi-cylindriques. Valve ventrale convexe près du bec qui est incurvé; aréa modérément large; fissure étroite, recouverte entièrement par un pseudo-deltidium. Valve dorsale concave et suivant les courbures de la valve opposée. La surface des valves est ornée de nombreuses et fines stries arrondies, avec des intervalles entre chaque paire quatre fois aussi grands que le diamètre de chacune des principales côtes; l'intervalle est lui-même traversé par cinq à sept stries plus fines, qui sont elles-mêmes encore séparées par un étroit sillon contenant des rangées de menues ponctuations. Dans l'intérieur de la valve ventrale, les dépressions musculaires, allongées et déviantes, sont postérieurement divisées dans le milieu par une élévation médiane, et antérieurement par une profonde dentelure. Dans l'intérieur de la valve dorsale les cicatrices musculaires forment deux larges dépressions peu élevées, élargies, parallèles, séparées en deux paires par un profond intervalle médian au centre duquel se trouve une petite élévation [1].

Localités. — Assez abondant à Grand-Manil, Fauquez, Rebecq-Rognon, dans le massif du Brabant; à Roux, Vitrival, Fosses, Dave, Arville (Mozet), Les Tombes, dans celui de Sambre-et-Meuse.

En Angleterre, cette espèce se rencontre dans le Llandeilo, le Caradoc,

[1] Le *Leptæna sericea*, J. de C. Sowerby, a été décrit sous ces noms par de Verneuil, Mc Coy, Barrande, Hall, Phillips et Salter, Salter, d'Eichwald, Portlock et sous celui d'*Orthis sericea*, par d'Eichwald, Portlock. (Th. Davidson, *The Silurian Brachiopoda*, part. VII. pp. 523 à 525, pl. XLVIII, fig. 10 à 19.)

le Llandovery et le Wenlock. On la trouve également en Écosse et en Irlande, en Russie, en Esthonie, en Norwége, en Bohême, en Espagne, aux États-Unis, au Canada, dans l'île d'Anticosti.

LAMELLIBRANCHES.

Genre **CARDIOLA**, *Broderip.*

Nous avons rencontré à Grand-Manil et à Fauquez quelques fragments en mauvais état que nous croyons pouvoir rapporter au genre *Cardiola*.

POLYZOAIRES ou BRYOZOAIRES.

Genre **GRAPTOLITHUS**, *Lin.* [1].

Polypiers simples avec une seule série de cellules, plus ou moins en contact sur toute la longueur.

Graptolithus priodon, *Bronn* [2].

(Pl. VI, fig. 1 et 2.)

Nos observations ont été faites sur des fragments conservés avec leur relief dans les phyllades.

Le test n'est pas conservé; on ne trouve que sa trace charbonneuse ou ferrugineuse, présentant une espèce de réseau irrégulier à la surface. La partie adulte est rectiligne, la partie en croissance est courbée en spirale. Cette espèce atteint une assez grande longueur. Nous possédons un exemplaire présentant une portion de la partie adulte qui mesure $0^{m},20$ de longueur et $0^{m},004$ de largeur. Nous avons trouvé de 8 à 9 cellules sur un centimètre de longueur dans la partie adulte et rectiligne; et 10 ou 11 sur la partie jeune et enroulée. Ainsi que M. Barrande l'a signalé [3], nous avons reconnu sur une extrémité

[1] Les Graptolithes (et nous avons ici se rapportant à ce groupe les genres *Graptolithus* et *Climacograptus*) ont été considérés autrefois comme des Céphalopodes; on les a rangés ensuite parmi les Polypiers, puis parmi les Bryozoaires. Récemment un de nos plus savants zoologistes, M. le professeur P.-J. Van Beneden, a émis l'idée qu'ils pourraient bien être des Foraminifères. (P.-J. Van Beneden, *Rapport sur quelques fossiles du massif silurien du Brabant*, par C. Malaise. Bull. de l'Acad. royale de Belgique, 2e sér., t. XX, p. 815.)

[2] J. Barrande, *Graptolithes de Bohême*, p. 38 à 40, pl. I, fig. 1 à 14. Prague, 1850.

[3] *Ibid.*, p. 38.

enroulée, que la tige subit quelquefois une torsion, ce qui fait que les cellules forment saillies sur un des côtés d'une partie de la tige et se présentent également de l'autre côté ou disparaissent derrière cette tige sur une autre portion. Les cellules font avec l'axe un angle d'environ 45°; elles sont appliquées l'une contre l'autre environ sur les deux tiers de leur étendue. En se séparant, elles se rétrécissent et se terminent par une espèce de crochet, dont l'extrémité tend à devenir parallèle à l'axe. La longueur développée des plus grandes cellules est d'environ $0^m,004$, leur plus grande largeur horizontale $0^m,002$. M. Barrande donne pour ces largeurs $0^m,003$ et $0^m,0015$.

Localités. — Jusqu'à présent, nous n'avons rencontré *Graptolithus priodon* (*Gr. Ludensis*, Murch., *Silur. System.*), que dans un seul gîte à Grand-Manil, à quelques centaines de mètres au S. de l'eurite. Peut-être des traces entre Fauquez et Ronquières.

Cette espèce se trouve dans la faune seconde et troisième des Iles Britanniques à partir du Caradoc jusqu'au Ludlow. En Bohême, on la rencontre dans les colonies et dans la faune troisième, de même qu'en France. On la trouve également en Portugal, en Saxe, en Sardaigne et en Australie.

Graptolithus, sp.

Quelques fragments en mauvais état pourraient bien appartenir à *Gr. Nilssoni*, Barr. [1], ou à *Gr. Proteus*, Barr. [2]. Ils ressemblent à l'origine de *Gr. Proteus*. Les cellules, plus grandes que dans *Gr. Nilssoni*, sont disposées de telle manière que l'orifice de chacune correspond à la naissance de l'alvéole suivante.

Localités. — Grand-Manil au S. de l'eurite.

Graptolithus Nilssoni se rencontre dans la faune seconde des Iles Britanniques (Llandeilo), de Bohême, de Thuringe et de Saxe. *Graptolithus Proteus* se trouve dans la faune seconde et troisième de Bohême, de Norwége, de Suède, de Thuringe et de Saxe.

Genre **CLIMACOGRAPTUS**, *Hall.*

Polypiers à un axe solide et à deux séries de cellules enfoncées dans la substance du polypier.

[1] J. Barrande, Graptolithes de Bohême, p. 51-52, pl. II, fig. 16 et 17. Prague, 1850.
[2] *Ibid.*, pp. 58, 59, pl. IV, fig. 12 à 15.

Climacograptus scalaris, *Hall.* (L sp.)[1]

(Pl. VI, fig. 3, 4, 5, 6 et 7.)

Le *Climacograptus scalaris* (*Graptolithus scalaris*, L. *Graptolithus palmeus*, Barr [2]) est une espèce très-polymorphe. Nous croyons que nos diverses impressions scalariformes appartiennent à une seule espèce; elles ont été décrites à tort probablement comme appartenant à des espèces différentes. *Graptolithus palmeus*, Barr. [3] se présente, en certaines localités, sous des apparences très-variables, qu'on pourrait être tenté de considérer comme appartenant à diverses espèces. Ces apparences seraient dues à la position suivant laquelle le polypier a été couché ou comprimé, comme aussi à la modification de forme qu'il peut avoir subie, avant d'être enseveli dans la masse pétrifiante. Plusieurs de nos empreintes permettent de supposer un passage d'une forme à l'autre. Les figures les feront mieux comprendre qu'une description. Les impressions sont conservées dans des phyllades. Les cellules ne sont pas aussi linéaires que dans l'espèce de Bohême. Il y a 10 à 12 ouvertures sur l'espèce de Gembloux par $0^m,01$, de même que sur celle de Bohême. Largeur $0^m,0015$ à $0^m,002$ environ. L'axe se prolonge quelquefois de $0^m,015$, avec un aspect filiforme, aux deux extrémités. Longueur $0^m,0275$ à $0,^m035$ sans les extrémités filiformes dépourvues de cellules. Un fait qui nous a paru très-remarquable, c'est la réunion d'un certain nombre de Graptolithes par leur base en un même point; l'ensemble a une apparence radiée, flabelliforme.

Localités. — Ils sont très-abondants dans deux mètres de schistes grisâtres altérés, au S. de l'eurite de Grand-Manil. On les revoit au N. de l'eurite, mais en moins grande abondance. On trouve dans le gîte fossilifère au N. de l'eurite et entre ces deux points des impressions scalariformes en mauvais état, qui appartiennent probablement à la même espèce.

Nous avons trouvé le même *Cl. scalaris* près Fauquez et un seul exemplaire dans les phyllades noirâtres entre Statte et Huy (massif de Sambre-et-Meuse).

Graptolithus palmeus se trouve en Bohême dans la faune troisième. *Climacograptus scalaris* se rencontre en Angleterre dans le Llandeilo et le Caradoc, en Écosse (Moffat, comté de Dumfries); en Scanie et aux États-Unis dans la faune seconde.

[1] Murchison, *Siluria*, p. 61, fig. 4. London, 1867.
[2] J. Barrande, *Graptolithes de Bohême*, p. 59 à 65, pl. III, fig. 1 à 7.
[3] *Ibid.*, p. 61.

Genre **RETEPORA**, *Lamck*

Localités. — Nous avons observé des traces de *Retepora infundibulum* [1]?, Lonsd., à Grand-Manil dans le massif du Brabant; à Vitrival, Fosses, Les Tombes, dans celui de Sambre-et-Meuse.

Cette espèce se rencontre en Angleterre au niveau de Wenlock.

Genre **PTILODICTYA**, *Lonsd.*

Localités. — Nous avons trouvé de nombreuses traces de ce genre, mais en très-mauvais état, à Grand-Manil, Fauquez, Rebecq-Rognon, dans le massif du Brabant; à Roux, Fosses, Dave, Arville, Les Tombes, dans celui de Sambre-et-Meuse. Ce genre est surtout abondant dans ce dernier massif.

CRINOÏDES.

Nous n'avons que des fragments de tiges d'encrines.

Localités. — Les anneaux figurés pl. VI, fig. 10, se rencontrent dans tous nos gîtes : Grand-Manil, Fauquez, Rebecq-Rognon, dans le massif du Brabant; Roux, Vitrival, Fosses, Dave, Arville, Les Tombes, dans celui de Sambre-et-Meuse. Ceux figurés planche VI, figure 11, proviennent de Grand-Manil.

CYSTIDÉES.

Genre **SPHÆRONITES**, *Hising*

(Pl. VI, fig. 8 et 9.)

Nous rapportons à ce genre une espèce de Cystidée assez abondante et qui nous a fourni plusieurs exemplaires en assez bon état de conservation.

[1] Murchison, *Siluria*, pl. XLI, fig. 24. London, 1867.

Calice ovalaire, composé de plaquettes polygonales en nombre indéfini. Plaques ornées de stries ou côtes rayonnant du centre de la plaque. Le moule intérieur est chargé de traces polygonales et de ponctuations; quelques-uns présentent des stries qui le plus souvent ne sont marquées que sur les moules extérieurs. La plupart sont écrasés. Dimensions : grand axe $0^m,11$, petit axe $0^m,09$, épaisseur $0^m,055$.

Localités. — Gembloux, Fauquez, où il est surtout très-abondant, Rebecq-Rognon (massif du Brabant). Traces à Fosses et à Vitrival (massif de Sambre-et-Meuse.

Les empreintes extérieures présentent les caractères du *Sphæronites stelluliferus*, Salt. [1] (*Echinospherites aurantium*, Forbes); les moules intérieurs ressemblent à ceux de cette espèce, et également à ceux de *Echinospherites arachinoideus*, Forbes [2]. Ces deux espèces se rencontrent en Angleterre dans le Caradoc.

COELENTÉRÉS ou POLYPIERS.

Genre **FAVOSITES**, *Lamck.*

Favosites Hisingeri, *Lonsd.*

Nous croyons pouvoir rapporter nos divers débris du genre *Favosites* à *Fav. Hisingeri*, Lonsd., de Wenlock. Ils sont en trop mauvais état pour que nous ayons pu les faire dessiner.

Localités. — Rebecq-Rognon? dans le massif du Brabant; Roux, Fosses, Dave, Arville, Les Tombes, dans celui de Sambre-et-Meuse.

Favosites Hisingeri existe en Angleterre dans le Wenlock. On le trouve dans la faune silurienne seconde et troisième de Norwége, de Suède et de Russie; on l'observe également aux États-Unis, au Canada et dans l'île d'Anticosti.

[1] *Memoirs of the Geological Survey of Great Britain*, vol. III, pl. XX, fig. 6ª et 6. London, 1866.
[2] *Ibid.*, pl. XX, fig. 8.

FAVOSITES, sp.

(Pl. IV, fig. 12.)

Nous rapportons au genre *Favosites* des polypiers simples courts et discoïdes, qui représentent probablement la base d'une espèce de ce genre. Ces fragments, en mauvais état, existent avec une abondance relative dans les différents gites.

Localités. — Grand-Manil, Fauquez, dans le massif du Brabant; Roux, Vitrival, Dave, dans celui de Sambre-et-Meuse.

GENRE **PROPORA**, *Edw.* et *Haime.*

PROPORA TUBULATUS, *M. Edw.* et *J. Haime.*

Exemplaires en mauvais état.

Localités. — Grand-Manil? (massif du Brabant); Roux, Vitrival, Fosses, (massif de Sambre-et-Meuse).

Le *Propora tubulatus* (*Porites tubulatus*, Sil. Syst., *Heliolites tubulatus*, Lonsd. [1]) se trouve dans les Iles Britanniques (Caradoc, Llandovery et Wenlock); aux îles de Dago et de Gothland, en Bohême, au Canada et à l'île d'Anticosti.

GENRE **HALYSITES**, *Fisch.*

HALYSITES CATENULARIUS, L. [2].

(Pl. IV, fig. 9 et 10.)

Polypier à surface supérieure convexe et réticulée, à mailles polygonales. Calices elliptiques à grand axe de $0^m,001$ à $0^m,002$.

Localités. — Roux et Fosses, dans les couches calcareuses ou dans leur voisinage.

Cette espèce se rencontre dans la faune seconde et troisième des Iles Britanniques (depuis le Llandeilo jusqu'au Wenlock), de Bohême, de Norwége, de Suède, de Russie (Esthonie, Lithuanie, Podolie et dans l'île de Dago), d'Arménie; aux États-Unis, au Canada et dans l'île d'Anticosti.

[1] MURCHISON, *Siluria*, pl. XXXIX, fig. 3. London, 1867.

[2] *Ibid.*, pl. XL, fig. 14. Cette espèce, appelée aussi quelquefois *Catenipora escharoides*, doit son nom à ce qu'elle a l'apparence extérieure d'une chaîne.

Genre **CYATHOPHYLLUM**, *Goldfuss.*

—

Cyathophyllum binum, *M. Edw.* et *J. Haime.*

(Pl. IV, fig. 11.)

Moules intérieurs de forme turbinée, arrondis à la base, en très-mauvais état, présentant de 30 à 40 cloisons, sous-divisées chacune en deux. Les sous-divisions sont imparfaites et se présentent sous l'aspect d'une ligne ponctuée de 0m,01 à 0m,02 de hauteur et de 0m,025 environ de diamètre. Moules extérieurs turbinés et présentant des stries longitudinales.

Localités. — Grand-Manil, Fauquez, Rebecq-Rognon, dans le massif du Brabant; Roux, Fosses, Les Tombes, dans celui de Sambre-et-Meuse.

Cette espèce (*Petraia bina*, Lonsd. [1]) se rencontre en Angleterre, dans le Llandovery et le Wenlock, dans le Caradoc d'Irlande et dans l'Amérique arctique.

PLANTES.

—

Nous n'avons rencontré jusqu'à présent que des traces de Fucoïdes.

Genre **BUTHOTREPHIS**, *Hall.*

—

Buthotrephis flexuosa, *J. Hall*

(Pl. VII, fig. 2.)

Nous rapportons au *Buthotrephis flexuosa* [2] des frondes grandes, planes, sans nervures, irrégulièrement rameuses, à segments entiers, à pointes obtuses.

Localités. — Ces empreintes se trouvent abondamment à Roux, dans des couches qu'elles caractérisent.

Cette espèce existe en Amérique, dans le comté de Washington, dans le Hudson-river group.

[1] Murchison, *Siluria*, pl. XXXVIII, fig. 5. London, 1867.

[2] J. Hall, *Pall. of New-York*, vol. I, p. 265; tab. LXIX, fig. 1*a*, *b*, *c*.

Genre **LICROPHYCUS**, *Billings.*

—

Licrophycus elongatus, *Coems.*

(Pl. VII, fig. 3 et 4.)

Localités. — On trouve à Strichon des empreintes accidentelles qui n'ont rien d'organique et des traces de frondes aplaties de couleur souvent rougeâtre qui rappellent celles de Roux et que feu l'abbé Eug. Coemans croyait appartenir au genre *Licrophycus* et qu'il se proposait de décrire sous le nom de *Licrophycus elongatus.*

Genre **SPHÆROCOCCITES**, *Sternb.*

—

Sphærococcites Scharyanus? *Gœpp.* [1].

(Pl. VII, fig. 1.)

Nous ne rapportons qu'avec doute à cette espèce des empreintes stelliformes, car ce pourrait bien être des dendrites.

Localités. — Dans les quartzites de Genly (massif de Dour).

M. Gœppert indique *Sphærococcites Scharyanus* dans l'étage D de Bohême [2].

[1] H.-R. Goeppert, *Ueber die foss. Flor. sil. dev. und unteren Kohlenformat.*, p. 30, tab. XXXVI, fig. 1. Breslau, 1860.

[2] M. Schary la place d'après les indications de M. Barrande (à ce que nous supposons) dans l'étage E. (J.-M. Schary, *Catalogue des fossiles siluriens du centre de la Bohême*, de la collection de J.-M. Schary, de Prague, envoyés à l'Exposition universelle de Paris en 1867.)

TABLEAU INDIQUANT LA RÉPARTITION DES ESPÈCES DANS LES

ESPÈCES.	BELGIQUE.										ANGLETERRE.				
	BRABANT.				SAMBRE-ET-MEUSE.										
	Grand-Manil.	Fauquez.	Rebecq-Rognon.	Chenois.	Roux	Vitrival.	Fosses.	Dave.	Arville.	Les Tombes.	Llandeilo.	Caradoc.	Llandovery.	Wenlock.	Ludlow.
TRILOBITES.															
Phacops	*														
Dalmania conophthalmus, Boeck (sp.)							*					*			
Calymene incerta, Barr.	*	*	*	*	?				*						
Homalonotus Omaliusii [1], Malaise	*														
Lichas laxatus, Mc Coy.	*	*					*					*	*		
Trinucleus seticornis, Hising.	*	*	*	*		*	*	*		*		*			
Ampyx nudus, Murch.	*										*				
Asaphus?	*														
Illœnus Bowmanni, Salt.	*				*	*	*			*		*	*		
Acidaspis.	*														
Cheirurus.	*														
Sphœrexochus mirus, Beyr.							*					*	*?	*	
Zethus verrucosus, Pand.	*	*	*	*		*	*	*			*	*			
Amphion	*														
Cromus					*										
CÉPHALOPODES.															
Orthoceras Belgicum, Malaise	*	*	*		?										
— *vaginatum?* Schloth.	*		*			*						*			
— *bullatum?* Sow.	*	*											*		*
— *attenuatum?* Sow.	*													*	
Cyrtoceras	*														
Lituites cornu-arietis, Sow.	*	*										*	*		
GASTÉROPODES.															
Raphistoma lenticularis, Sow.	*						*						*		
Pleurotomaria latifasciata, Portl.	*											*			
Holopea striatella, Sow. (sp.).	*											*			
HÉTÉROPODES.															
Bellorophon bilobatus, Sow.	*	*									*	*	*		
PTÉROPODES.															
Conularia Sowerbyi, Defr.	*											*	*	*	
Hyolithes [2]	*						*								

[1] Se trouve également à Malonne (massif de Sambre-et-Meuse).
[2] Id. à Wiheries (massif de Dour).

DIFFÉRENTS GÎTES ET LE NIVEAU OÙ ELLES SE TROUVENT EN ANGLETERRE.

ESPÈCES.	BELGIQUE.										ANGLETERRE.				
	BRABANT.				SAMBRE-ET-MEUSE.										
	Grand-Manil.	Fauquez.	Relecq Rognon	Chenois.	Roux.	Vi'rival.	Fosses.	Dave.	Arville.	Les Tombes.	Llandeilo.	Caradoc.	Llandovery.	Wenlock.	Ludlow.
BRACHIOPODES.															
Atrypa marginalis, Dalm.	*	*	. .	. .	*	. .	. .	. .	. .	. .	. .	*	*	*	
Stricklandinia [1]															
Orthis testudinaria, Dalm.	*	*	*	. .	*	. .	*	. .	. .	. .	*	*	*		
— *vespertilio*, Sow.	*	*	*	. .	*	. .	*	*	. .	. .	. .	*	*		
— *calligramma*, Dalm.	*	*	. .	. .	*	*	*	*	*	. .	*?	*	*	*	
— *porcata*, M^c Coy	*	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	*	*	*	
— *Actoniæ*, Sow.	*	*	*	. .	*	. .	*	. .	*	. .	*	*	*		
— *biforata*, Schloth. (sp.)	*	*	*?	. .	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Strophomena rhomboidalis, Wilckens (sp.).	*	*	*	. .	*	*	*	*	*	*	. .	*	*	*	*
Leptæna scrica, Sow.	*	*	*	. .	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*?	
LAMELLIBRANCHES.															
Cardiola	*	*													
POLYZOAIRES															
Graptolithus priodon, Bronn.	*	?	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	*	*	*	*
— sp.	*														
Climacograptus scalaris, Hall. (L. sp.) [2].	*	*	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	*	*			
Retepora infundibulum ? Lonsd.	*	. .	. .	. .	. .	*	*	. .	. .	*	. .	. .	. .	*	
Ptilodictya	*	*	*	. .	*	. .	*	*	*	*					
CRINOÏDES.															
Tiges d'encrines	*	*	*	. .	*	*	*	*	*	*					
CYSTIDÉES.															
Sphæronites stelluliferus, Salt	*	*	*	. .	. .	*	*	. .	. .	. .	. .	*			
COELENTÉRÉS.															
Favosites Hisingeri, Lonsd.	. .	. .	*?	. .	*	. .	*	*	*	*	. .	. .	. .	*	
Favosites?	*	*	. .	. .	*	*	*								
Propora tubulatus, M. Edw. et J. Haime.	?	. .	. .	. .	*	*	*	. .	. .	. .	. .	*	*	*	
Halysites catenularius, L.	. .	. .	. .	. .	*	. .	*	. .	. .	. .	*	*	*	*	
Cyathophyllum binum, M. Edw. et J. Haime.	*	*	*	. .	*	. .	*	. .	. .	*	. .	. .	*	*	
PLANTES.															
Buthotrephis flexuosa, J. Hall.	. .	. .	. .	. .	*										
Licrophycus elongatus, Coems [3]															
Sphærococcites Scharyanus ? Gœpp. [4]															

[1] Se trouve à Wiheries (massif de Dour).
[2] Se trouve également à Statte (massif de Sambre-et-Meuse).
[3] Se trouve à Strichon (massif du Brabant).
[4] Se trouve à Genly (massif de Dour).

ERRATA.

Page 3, lignes 11 et 12, *au lieu de :* le considéra comme silurien, *lisez :* le considéra également comme cambrien en 1838.

— 3, note 3, *ajoutez :* et t. V, p. 634.

— 76, lignes 12 et 13, *au lieu de :* et au silurien en 1836, *lisez :* et en 1838.

— 76, note 2, *au lieu de :* t. III, p. 330, *lisez :* t. V, p. 634.

(Pour des détails plus complets à ce sujet, voir p. II, A.-H. Dumont, 1837 et 1838.)

TABLE ALPHABÉTIQUE DES FOSSILES.

	PAGES.	PLANCHES.	FIGURES.
Acidaspis, sp.	85	»	»
Amphion, sp.	87	»	»
Ampyx nudus, Murch.	84	II	8
Asaphus, sp.	84	II	9
Atrypa marginalis, Dalm.	93	»	»
Bellerophon bilobatus, Sow.	92	IV	5, 6, 7
Buthotrephis flexuosa, J. Hall.	108	VII	2
Calymene incerta, Barr.	80	I	1, 2, 3
Cardiola, sp.	102	»	»
Cheirurus, sp.	86	II	12, 13
Climacograptus scalaris, J. Hall. (L. sp.).	104	VI	3, 4, 5, 6, 7
Conularia Sowerbyi, Defr.	92	IV	8
Cromus, sp.	88	»	»
Cyathophyllum binum, M. Edw. et J. Haime	108	IV	11
Cyrtoceras, sp.	90	III	5
Dalmania conophthalmus, Boeck (L. sp.).	79	»	»
Encrines (tiges)	105	VI	10, 11
Favosites Hisingeri, Lonsd.	106	»	»
Favosites, sp.	107	IV	12
Graptolithus priodon, Brown	102	VI	1, 2
Graptolithus, sp.	105	»	»
Halysites catenularius, L.	107	IV	9, 10
Holopea striatella, Sow. (sp.)	91	IV	4
Homalonotus Omaliusii, Malaise	81	I	4, 5, 6, 7, 8, 9
Hyolithes, sp.	93	»	»

	PAGES.	PLANCHES.	FIGURES.
Illœnus Bowmanni, Salt.	85	II	10, 11
Leptæna sericea, Sow.	101	IV	15, 16, 17, 18
Lichas laxatus, M^c Coy	82	II	1, 2, 3, 4, 5
Licrophycus elongatus, Coems.	109	VII	3, 4
Lituites cornu-arietis, Sow.	90	III	6
Orthis Actoniæ, Sow.	97	V	15, 16, 17, 18
Orthis biforata, Schloth (sp.).	98	V	19, 20, 21, 22
Orthis calligramma, Dalm.	96	V	9, 10, 11, 12
Orthis porcata, M^c Coy	*ib.*	V	13, 14
Orthis testudinaria, Dalm.	94	V	1, 2, 3, 4
Orthis vespertilio, Sowerby.	95	V	5, 6, 7, 8
Orthoceras attenuatum? Sow.	90	III	4
Orthoceras Belgicum, Malaise	88	III	1, 2
Orthoceras bullatum? Sow.	89	III	3
Orthoceras vaginatum? Schloth.	*ib.*	IV	1
Phacops, sp.	79	»	»
Pleurotomaria latifasciata, Portl.	91	IV	3
Propora tubulatus, M. Edw. et J. Haime	107	»	»
Ptilodictya, sp.	105	»	»
Raphistoma lenticularis, Sow.	91	IV	2
Retepora infundibulum, Lonsd.	105	»	»
Sphærexochus mirus, Beyrich	86	II	14, 15, 16
Sphærococcites Scharyanus? Gœpp.	109	VII	1
Sphæronites stelluliferus, Salt.	105	VI	8, 9
Stricklandinia, sp.	94	»	»
Strophomena rhomboidalis, Wilckens (sp.)	99	IV	13, 14
Trinucleus seticornis, His.	85	II	6, 7
Zethus verrucosus, Pander.	87	II	17, 18, 19, 20, 21

TABLE ANALYTIQUE.

Pages.

Liste chronologique des auteurs qui ont contribué à la connaissance des massifs siluriens du Brabant, de Sambre-et-Meuse et de Dour 1
Avant-propos 1
Introduction 3

PREMIÈRE PARTIE.

GÉOLOGIE.

Position du terrain silurien en Belgique 7
Massif du Brabant 9
Division en assises 11
Assise I. — Assise de Blanmont ou des quartzites inférieurs . . . . . *ib.*
Assise II. — Assise de Tubize ou des quartzites et des phyllades aimantifères . . . 12
Assise III. — Assise d'Oisquercq ou des phyllades bigarrés et graphiteux. 13
Assise IV. — Assise de Gembloux ou des phyllades quartzifères à *Calymene*. . . . 14
Description des divers sous-massifs ou massifs secondaires 16
Sous-massif de Hal. . . . . *ib.*
Coupe de Buysinghen à la ferme Hongrée . . . . . *ib.*
Coupe de Tubize à Hennuyères. 20
Coupe de Tubize à Horrues 21
Sous-massif de la Dyle 25
Sous-massif de Gembloux 28
Sous-massif de Jodoigne 35
Sous-massif d'Hambraine 37
Sous-massif de Landenne 38
Sous-massif de la Méhaigne 39
Sous-massif de Hozémont 42
Tableau indiquant la répartition des assises dans les différents sous-massifs 43
Conclusions . . . . . *ib.*
Examen des cas de discordance de stratification 45

Pages
Coupe de Tubize à Horrues 46
Coupe de Hal à Ronquières 47
Coupe de Gembloux à Mazy. 48
Coupe du sous-massif de Landen 49
Coupe de Latinne à Huccorgne. 50
Coupe près de Horion. 50
Synchronisme et équivalents étrangers 51
Caractères qui rapprochent le silurien du centre de la Belgique de la zone paléozoïque du Nord 53
Massif de Sambre-et-Meuse 56
Massif de Dour 65
Affleurement de Wiheries 67
Affleurements de Petit-Dour, de Colfontaine, de Genly, de Bougnies 68
Roches plutoniennes et filons 70
Eurites, Oligophyres . . . . . *ib.*
Porphyres schistoïdes. 71
Disposition des roches plutoniennes . . . . . *ib.*
Age des roches plutoniennes ou éruptives 72
Modifications produites par les roches plutoniennes 73
Filons. 74

SECONDE PARTIE.

—

PALÉONTOLOGIE.

Description des fossiles du terrain silurien du centre de la Belgique 75
Trilobites. 79
Genre *Phacops*, Emmrich . . . . . *ib.*
Genre *Dalmania*, Emmrich . . . . . *ib.*
Dalmannia conophthalmus, Boeck (sp.). . . . . *ib.*
Genre *Calymene*, Brongn. . . . . *ib.*
Calymene incerta, Barr. 80
Genre *Homalonotus*, Kœnig. 81
Homalonotus Omaliusii, Malaise . . . . . *ib.*
Genre *Lichas*, Dalm. 82
Lichas laxatus, M^c^ Coy. . . . . *ib.*
Genre *Trinucleus*, Lhwyd. . . . . *ib.*
Trinucleus seticornis, Hls. 83
Genre *Ampyx*, Dalm. 84
Ampyx nudus, Murch. . . . . *ib.*
Genre *Asaphus*, Brongn. . . . . *ib.*

Pages.

Genre *Illœnus*, Dalm. 85
Illœnus Bowmanni, Salt. . . . . *ib.*
Genre *Acidaspis*, Murch. . . . . *ib.*
Genre *Cheirurus*, Beyrich 86
Genre *Sphærexochus*, Beyrich. . . . . *ib.*
Sphærexochus mirus, Beyrich . . . . . *ib.*
Genre *Zethus*, Pander . . . . . *ib.*
Zethus verrucosus, Pander 87
Genre *Amphion*, Pander. . . . . *ib.*
Genre *Cromus*, Barr 88
Céphalopodes . . . . . *ib.*
Genre *Orthoceras*, Breyn. . . . . *ib.*
Orthoceras Belgicum, Malaise . . . . . *ib.*
Orthoceras vaginatum? Schloth. 89
Orthoceras bullatum? Sow. . . . . *ib.*
Orthoceras attenuatum? Sow. 90
Genre *Cyrtoceras*, Goldfuss . . . . . *ib.*
Genre *Lituites*, Breyn. . . . . *ib.*
Lituites cornu-arietis, Sow. . . . . *ib.*
Gastéropodes 91
Genre *Raphistoma*, J. Hall. . . . . *ib.*
Raphistoma lenticularis, Sow. (sp.) . . . . . *ib.*
Genre *Pleurotomaria*, Defr. . . . . *ib.*
Pleurotomaria latifasciata, Portl. . . . . *ib.*
Genre *Holopea*, J. Hall. . . . . *ib.*
Holopea striatella, Sow. (sp.) . . . . . *ib.*
Hétéropodes. 92
Genre *Bellerophon*, Montf. . . . . *ib.*
Bellerophon bilobatus, Sow. . . . . *ib.*
Ptéropodes . . . . . *ib.*
Genre *Conularia*, Miller. . . . . *ib.*
Conularia Sowerbyi, Defr. . . . . *ib.*
Genre *Hyolithes*, Eichwald 93
Brachiopodes . . . . . *ib.*
Genre *Atrypa*, Dalm. . . . . *ib.*
Atrypa marginalis, Dalm. . . . . *ib.*
Genre *Stricklandinia*, Billings. 94
Genre *Orthis*, Dalm. . . . . *ib.*
Orthis testudinaria, Dalm. . . . . *ib.*
Orthis vespertilio, Sow. 95
Orthis calligramma, Dalm. 96
Orthis porcata, M^c^ Coy . . . . . *ib.*
Orthis Actoniæ, Sow. 97
Orthis biforata, Schloth. (sp.) 98

Pages.

Genre *Strophomena*, Rafinesque 99
Strophomena rhomboidalis, Wilckens (sp) . . . . . *ib.*
Genre *Leptæna*, Dalm. 101
Leptæna sericea, Sow. . . . . *ib.*
Lamellibranches 102
Genre *Cardiola*, Broderip . . . . . *ib.*
Polyzoaires ou Bryozoaires. . . . . *ib.*
Genre *Graptolithus*, Lin. . . . . *ib.*
Graptolithus priodon, Bronn . . . . . *ib.*
Graptolithus (sp.) 103
Genre *Climacograptus*, J. Hall. . . . . *ib.*
Climacograptus scalaris, J. Hall. (L. sp.). 104
Genre *Retepora*, Lamck.. 105
Retepora infundibulum? Lonsd . . . . . *ib.*
Genre *Ptilodictya*, Lonsd. . . . . *ib.*
Crinoïdes . . . . . *ib.*
Cystidées. . . . . *ib.*
Genre *Sphæronites*, His. . . . . *ib.*
Cœlentérés ou Polypiers. 106
Genre *Favosites*, Lamck. . . . . *ib.*
Favosites Hisingeri, Lonsd. . . . . *ib.*
Favosites (sp.) 107
Genre *Propora*, Edw. et Haime . . . . . *ib.*
Propora tubulatus, M. Edw. et J. Haime. . . . . *ib.*
Genre *Halysites*, Fisch. . . . . *ib.*
Halysites catenularius, Lin. . . . . *ib.*
Genre *Cyathophyllum*, Goldf. 108
Cyathophyllum binum, M. Edw. et J. Haime . . . . . *ib.*
Plantes . . . . . *ib.*
Genre *Buthotrephis*, J. Hall. . . . . *ib.*
Buthotrephis flexuosa, J. Hall . . . . . *ib.*
Genre *Licrophycus*, Billings. 109
Licrophycus elongatus, Coems . . . . . *ib.*
Genre *Sphærococcites*, Sternb.. . . . . *ib.*
Sphærococcites Scharyanus, Gœpp. . . . . *ib.*
Tableau indiquant la répartition des espèces dans les différents gîtes, et le niveau où elles se trouvent en Angleterre. 110
Errata. 112
Table alphabétique des fossiles. 115
Explication des planches. 119

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.

Fig. 1. *Calymene incerta,* Barr. Individu de forme large: le pygidium manque. Grand-Manil.
— 2. *Calymene incerta,* Barr. Individu de forme longue presque complet, mais un peu déformé. Grand-Manil.
— 3. *Calymene incerta,* Barr. Individu de petite taille presque complet. Grand-Manil.
— 4. *Homalonotus Omaliusii,* Malaise. Tête vue de face. Grand-Manil.
— 5. — — — Tête et portion de thorax. Grand-Manil.
— 6. — — — Individu enroulé, mais très-déformé. Près Malonne.
— 7 et 8. *Homalonotus Omaliusii,* Malaise. Pygidiums. Grand-Manil.
— 9. — — — Portion de thorax d'un individu enroulé. Grand-Manil.

PLANCHE II.

Fig. 1 et 2. *Lichas laxatus,* M^c Coy. Sommet de la tête. Grand-Manil.
— 3. — — Base de la tête. Grand-Manil.
— 4 et 5. — — Pygidiums. Grand-Manil.
— 6. *Trinucleus seticornis,* His. Tête presque complète. Grand-Manil.
— 7. — — Individu à peu près complet. Grand-Manil.
— 8. *Ampyx nudus,* Murch. Tête. Grand-Manil.
— 9. *Asaphus?* Hypostôme. Grand-Manil.
— 10. *Illænus Bowmanni,* Salt. Tête. Grand-Manil.
— 11. — — Thorax et portion de pygidium. Grand-Manil.
— 12. *Cheirurus.* Tête. Grand-Manil.
— 13. — Hypostôme Grand-Manil.
— 14 et 15. *Sphærexochus mirus,* Beyrich. Tête vue de face. Fosses.
— 16. — — Tête vue de profil. Fosses.
— 17. *Zethus verrucosus,* Pand. Individu muni de la tête et de la presque totalité du thorax. Grand-Manil.
— 18. *Zethus verrucosus,* Pand. Portion de joue mobile.
— 19. — — — Pygidium. Grand-Manil.
— 20 et 21. — — Individu enroulé et en partie déformé. Grand-Manil.

PLANCHE III.

Fig. 1, 2. *Orthoceras Belgicum*, Malaise. Grand-Manil.
— 3. — *bullatum?* Sow. Grand-Manil.
— 4. — *attenuatum?* Sow. Grand-Manil.
— 5. *Cyrtoceras*. Sp. Grand-Manil.
— 6. *Lituites cornu-arietis*, Sow. Grand-Manil.

PLANCHE IV.

Fig. 1. *Orthoceras vaginatum?* Schloth. Grand-Manil.
— 2. *Raphistoma lenticularis*, Sow. Grand-Manil.
— 3. *Pleurotomaria latifasciata*, Portl.? Grand-Manil.
— 4. *Holopea striatella*, Sow. Grand-Manil.
— 5, 6 et 7. *Bellerophon bilobatus*, Sow. Grand-Manil.
— 8. *Conularia Sowerbyi*, Defr. Grand-Manil.
— 9. *Halysites catenularius*, L. Roux. Vu de face.
— 10. — — — Coupe longitudinale.
— 11. *Cyathophyllum binum*, M. Edw. et J. Haime. Grand-Manil.
— 12. *Favosites?* Sp. Grand-Manil.
— 13. *Strophomena rhomboidalis*, Wilckens. Sp. Valve ventrale. Grand-Manil.
— 14. — — — Valve ventrale. Moule intérieur incomplet. Grand-Manil.
— 15, 16. *Leptæna sericea*, Sow. Empreinte extérieure. Grand-Manil.
— 17, 18. — — Moule intérieur. Grand-Manil.

PLANCHE V.

Fig. 1. *Orthis testudinaria*, Dalm. Empreinte de la valve dorsale. Grand-Manil.
— 2. — — — — ventrale. Grand-Manil.
— 3. — — Moule intérieur de la valve dorsale. Grand-Manil.
— 4. — — — — ventrale. Grand-Manil.
— 5. — *vespertilio*, Sow. Empreinte de la valve dorsale. Grand-Manil.
— 6. — — — — ventrale. Grand-Manil.
— 7. — — Moule intérieur de la valve dorsale. Grand-Manil.
— 8. — — — — ventrale. Grand-Manil.
— 9. — *calligramma*, Dalm. Valve dorsale. Grand-Manil [1].
— 10. — — — ventrale. Grand-Manil.

[1] Les figures 9, 10, 11, 12 ont été restaurées d'après les figures 4, 5, 10, 11, Pl. XXXV, de *The British Silurian Brachiopoda*. (Th Davidson. London, 1867.)

Fig. 11. *Orthis calligramma*, Dalm. Moule intérieur de la valve dorsale. Grand-Manil.
— 12. — — — — ventrale. Grand-Manil.
— 13. — *porcata*, M^c Coy. Moule intérieur de la valve ventrale. Grand-Manil.
— 14. — — Empreinte de la valve dorsale. Grand-Manil.
— 15. — *Actoniæ*, Sow. Valve dorsale. Grand-Manil.
— 16. — — — ventrale. Grand-Manil.
— 17. — — Empreinte de la valve ventrale. Grand-Manil.
— 18. — — Moule intérieur de la valve ventrale. Grand-Manil.
— 19. — *biforata*, Schloth. Sp. Empreinte de la valve dorsale. Grand-Manil.
— 20. — — Empreinte de la valve ventrale. Grand-Manil.
— 21. — — Moule intérieur de la valve dorsale. Grand-Manil.
— 22. — — Moule intérieur de la valve ventrale. Grand-Manil.

PLANCHE VI.

Fig. 1. *Graptolithus priodon*, Bronn. Exemplaire adulte droit. Grand-Manil.
— 2. — — — enroulé. Grand-Manil.
— 3. *Climacograptus scalaris*, Hall. (L. sp.). Échantillon provenant de Statte.
— 4, 5, 6, 7. *Climacograptus scalaris*, Hall. (L. sp.). Impressions scalariformes et autres. Grand-Manil.
— 8. *Sphæronites stellutiferus*, Salt. Moule intérieur. Grand-Manil.
— 9. — — Empreinte extérieure. Grand-Manil.
— 10 et 11. Crinoïdes. Grand-Manil.

PLANCHE VII.

Fig. 1. *Sphærococcites Scharyanus?* Barr. Genly.
— 2. *Buthotrephis flexuosa*. Hall. Roux.
— 3 et 4. *Licrophycus elongatus*, Coems. Strichon (Tilly).

PLANCHE VIII.

Fig. 1. Coupe de Buysinghen à la ferme Hongrée, près Ronquières, par la rive droite de la Sennette, en longeant le canal de Bruxelles à Charleroi. Pour les détails, voir p. 16 [1].
— 2. Coupe de Tubize à Horrues par la vallée de la Senne. Pour les détails, voir p. 21.
— 3. Coupe de Wavre à Cocriamont (Sart-Dames-Avelines), par les vallées de la Dyle et de la Thyl. Pour les détails, voir p. 26.

[1] Dans ces trois figures, I représente assise de Blanmont; II, assise de Tubize; III, assise d'Oisquercq; IV, assise de Gembloux; D = poudingue devonien; P, roche porphyrique; *f* et *f'*, faille.

PLANCHE IX.

Fig. 1. Disposition des couches dans une petite carrière au moulin de Noville.
S. Phyllades décomposés en argile jaunâtre.
Phyllades siluriens : S′ inclinaison N. = 86°, S″ verticaux, S‴ inclinaison S. = 80°.

— 2. Disposition des couches dans une tranchée entre Villers-la-Ville et Tilly.
S. Argile provenant de la décomposition des roches siluriennes.
S′ Phyllades siluriens, inclinaison SE. = 35°.
S″ — — — O. 15° S. = 55°.
C'est une faille simulant une discordance de stratification entre des couches de même nature.

— 3. Coupe près de Troka.
L. Cailloux diluviens stratifiés.
P. Psammites rougeâtres. Inclinaison N. 20° E. = 12°.
S. Phyllades siluriens. Inclinaison NE. = 65°.

— 4. Coupe près l'église d'Horrues.
P. Poudingue. Inclinaison S. 10° E. = 20°.
S. Phyllades siluriens en couches verticales.

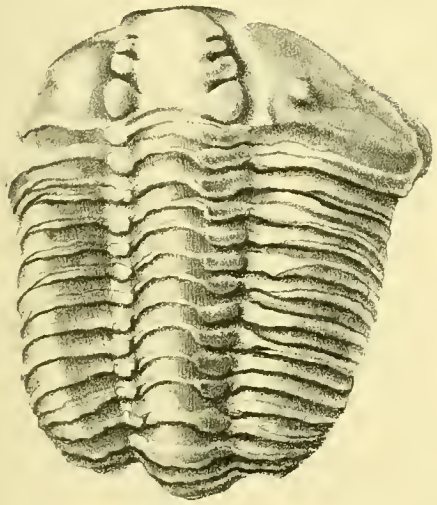
— 5. Coupe au moulin d'Alvaux.
S. Phyllades siluriens. Inclinaison SO. = 65°.
P. Poudingue.
G. Calcaire de Givet. Inclinaison S. = 12°.

— 6. Coupe prise près du moulin d'Henripont sur la Senne.
P. Poudingue.
S. Phyllades siluriens. Inclinaison NE. = 70°.

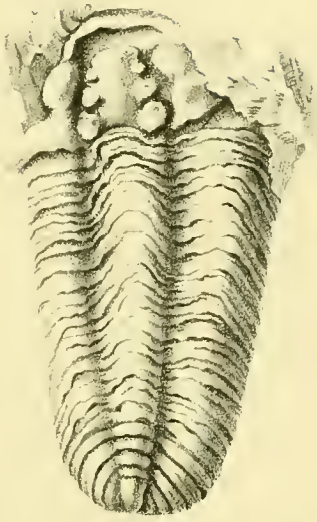
— 7. Coupe prise à la ferme Hongrée.
P. Poudingue et psammites rougeâtres. Inclinaison NE. = 45°.
S. Phyllades siluriens. Inclinaison S. 50° O. = 64°.

— 8 et 9. Coupe prise à l'O. de l'église d'Héron.
P. Psammites rougeâtres. Inclinaison S. = 15°.
S. Phyllades siluriens. Inclinaison NE. = 45°.
Ces deux coupes sont prises à peu près au même point, dans deux chemins se croisant à angle droit. La coupe 8 est faite dans le chemin creux, perpendiculairement à la coupe 9.

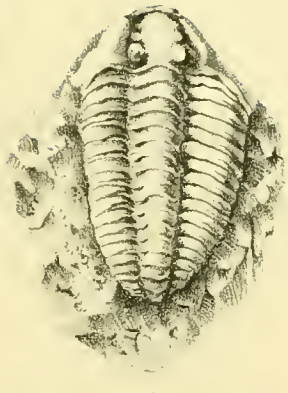
— 10. Coupe prise à Hucorgne sur la rive droite de la Méhaigne.
P, P′, P″. Psammites passant au macigno. Inclinaison S. 5° E. = 22°.
S. Phyllades siluriens. Inclinaison N. 25° E. = 55°.
S′ — — verticaux.



1.

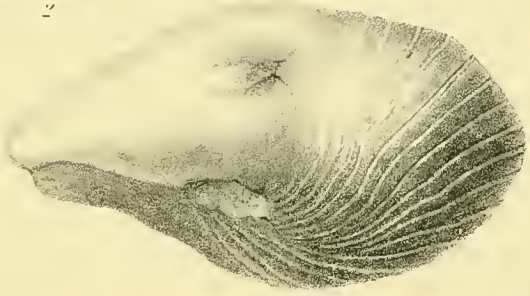


2



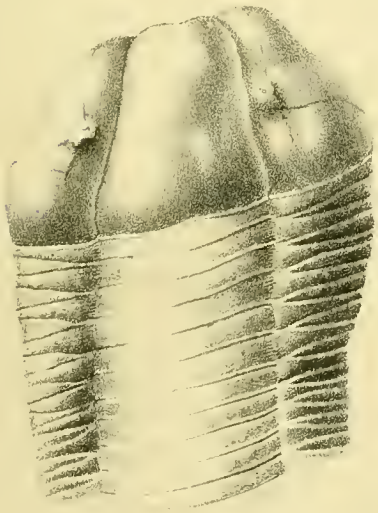
3

4



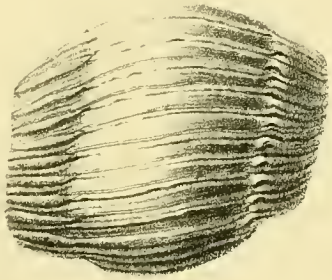
6

7



5.

8



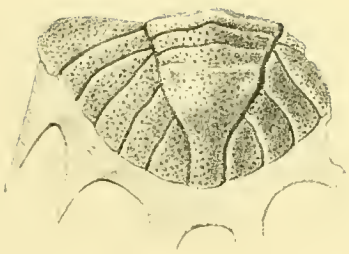
9.

Lith. G. Severens Bruxelles

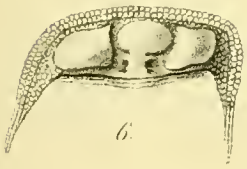
1.

2.

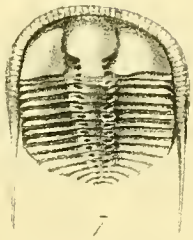
3.



4.



6.

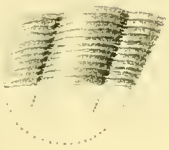


7.

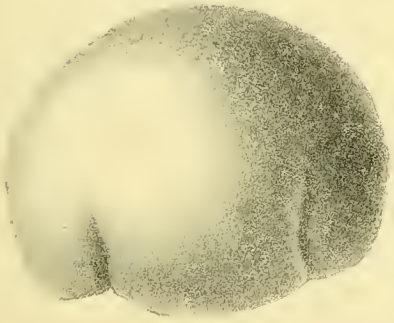
8.

5.

10.



11.



10.

9.

12.

13.

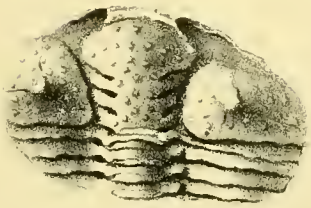
14.

17.

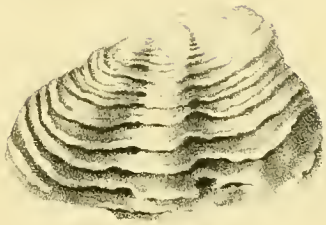
19.

15.

16.

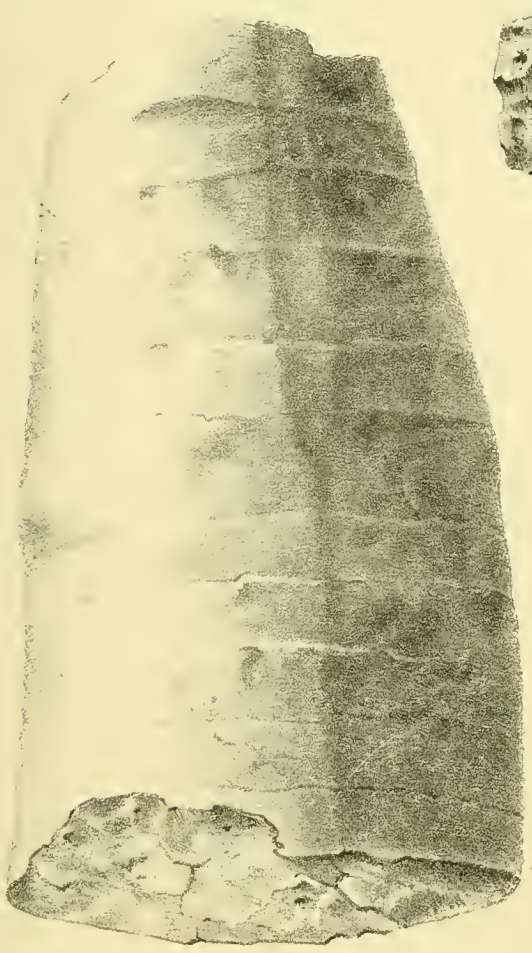


20.



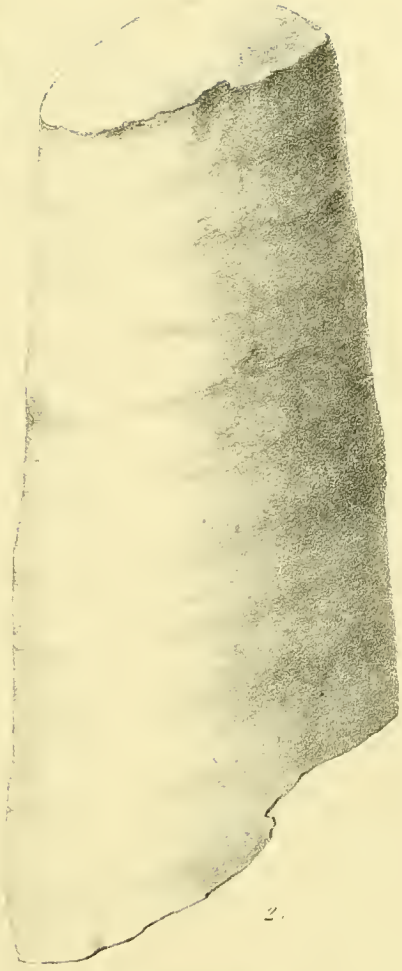
21.

Lith. G. Severeyns, Bruxelles

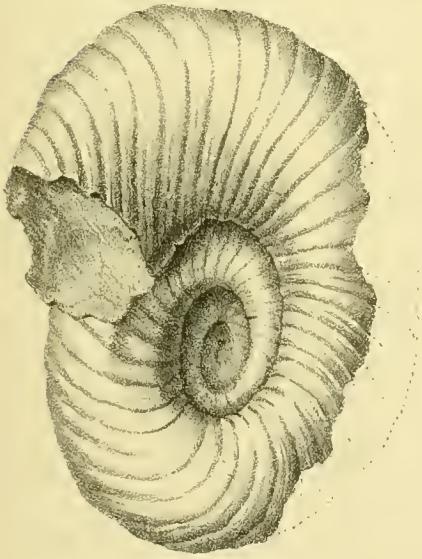


1

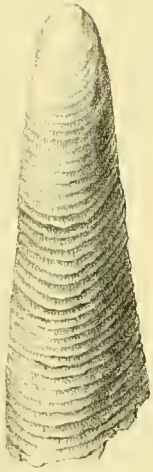
4



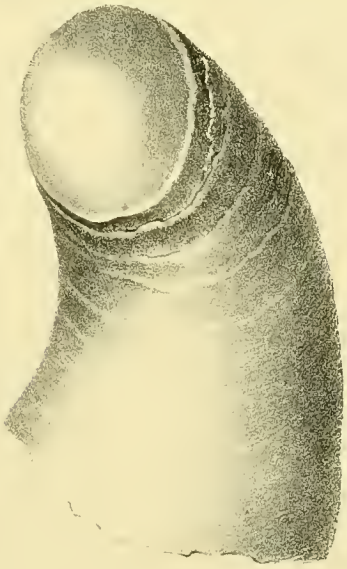
2.



6



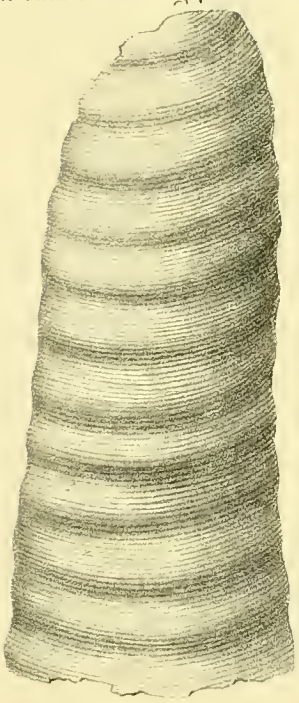
3

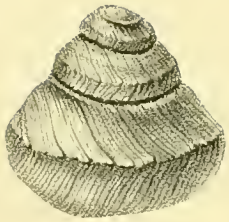


5.

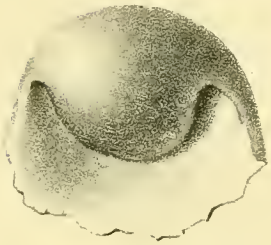
Lith. G. Severeyns Bruxelles

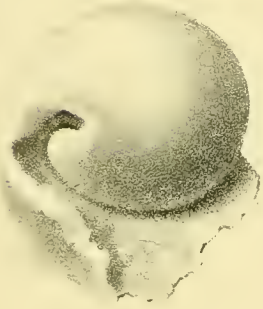
2

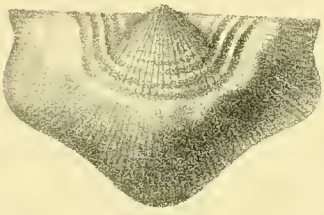

1

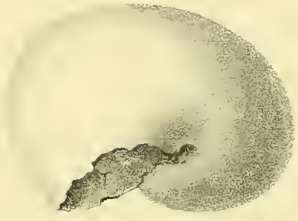

3

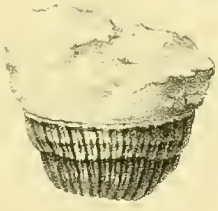
4

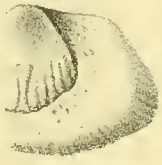

5

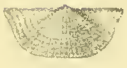

6


13

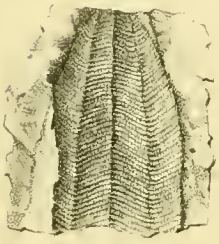

7


11


14


15

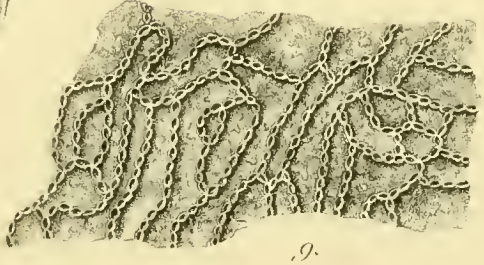
16

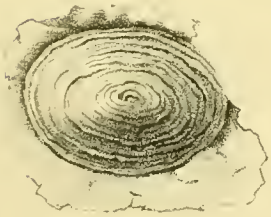

8

17

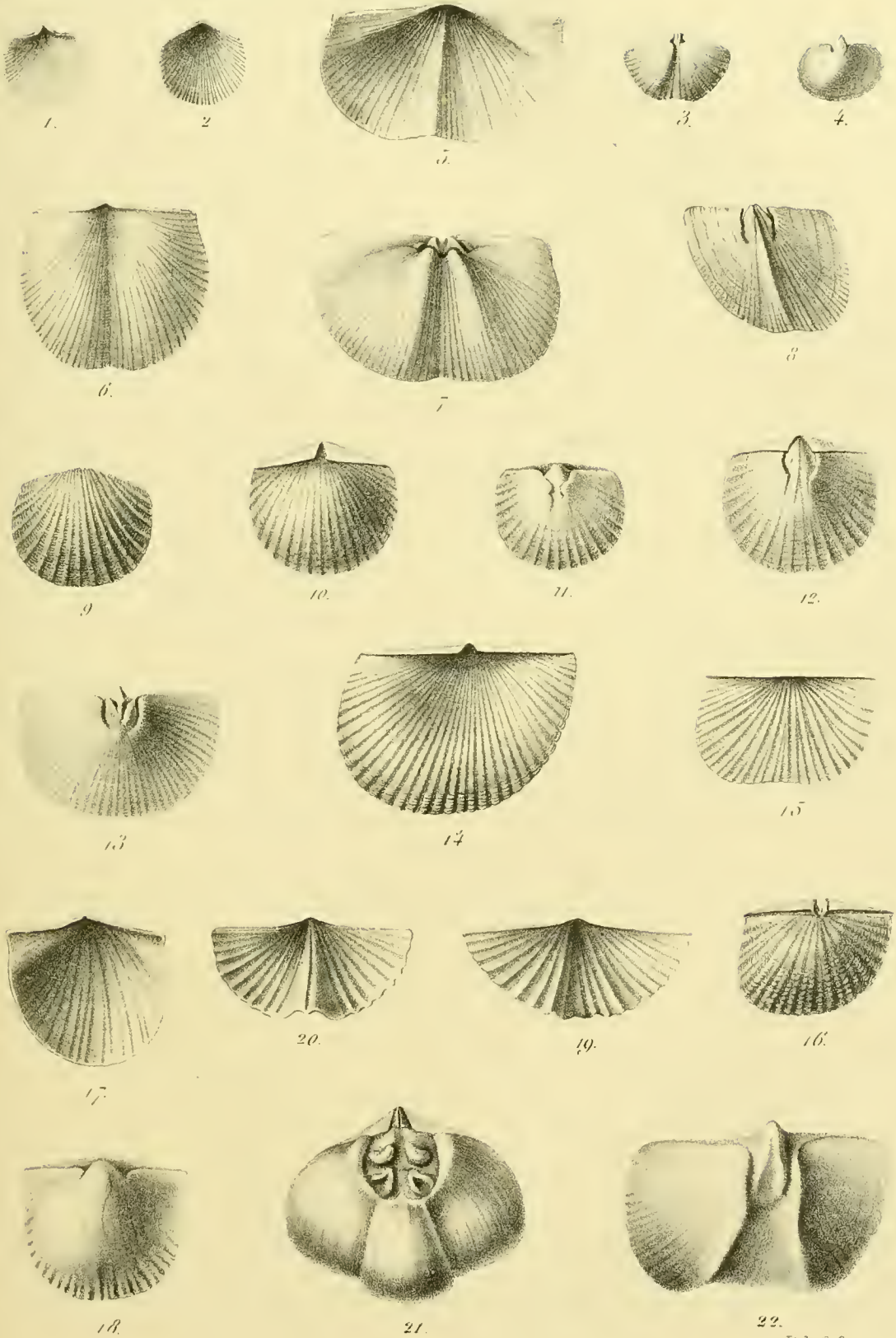
18

10


9


12

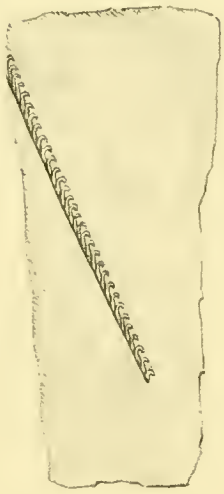
Lith. G. Severeyns, Bruxelles.



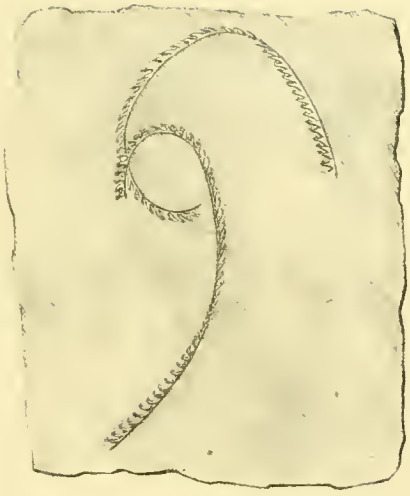
1. 2. 5. 3. 4.
6. 7. 8.
9. 10. 11. 12.
13. 14. 15.
17. 20. 19. 16.
18. 21. 22.

Lith. G. Severeyns, Bruxelles

3



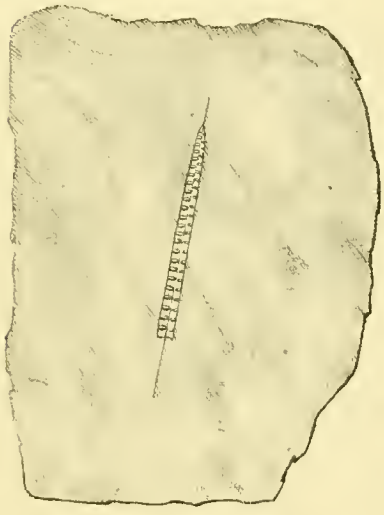
1.



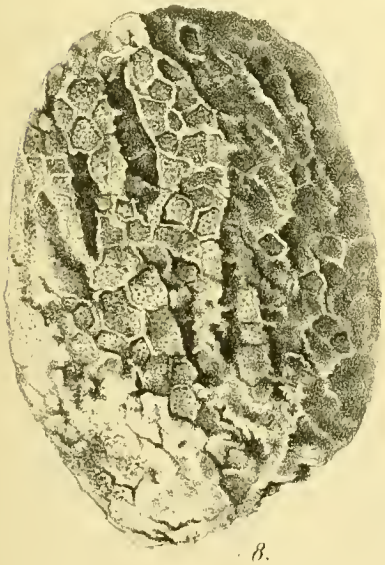
2

4.

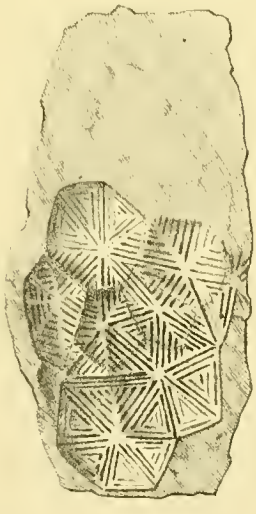
5.



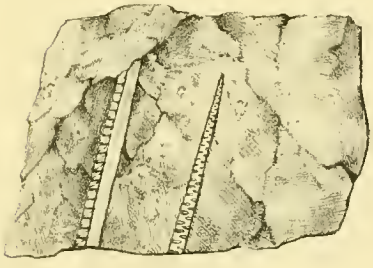
6.



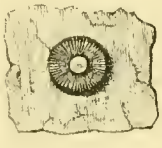
8.



9



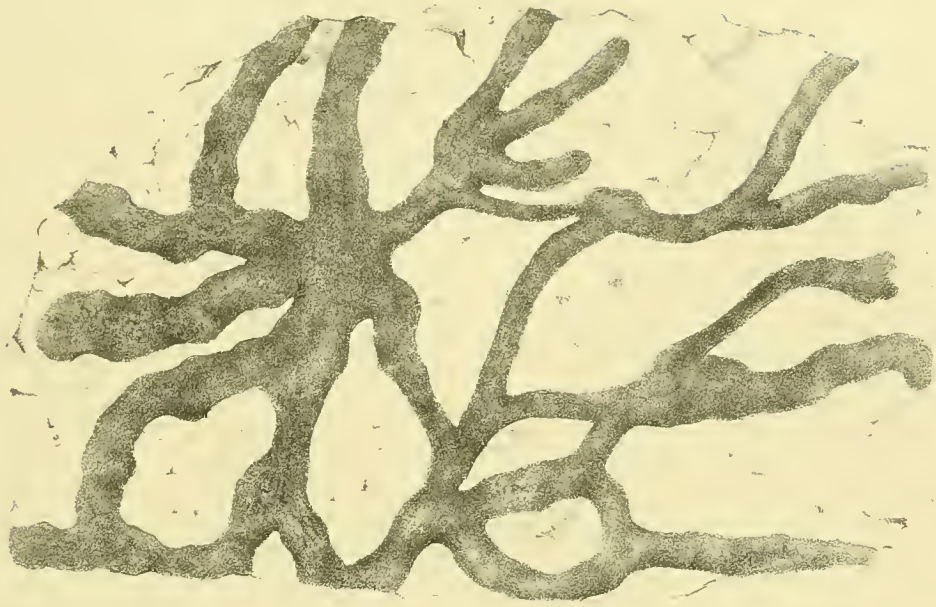
7.



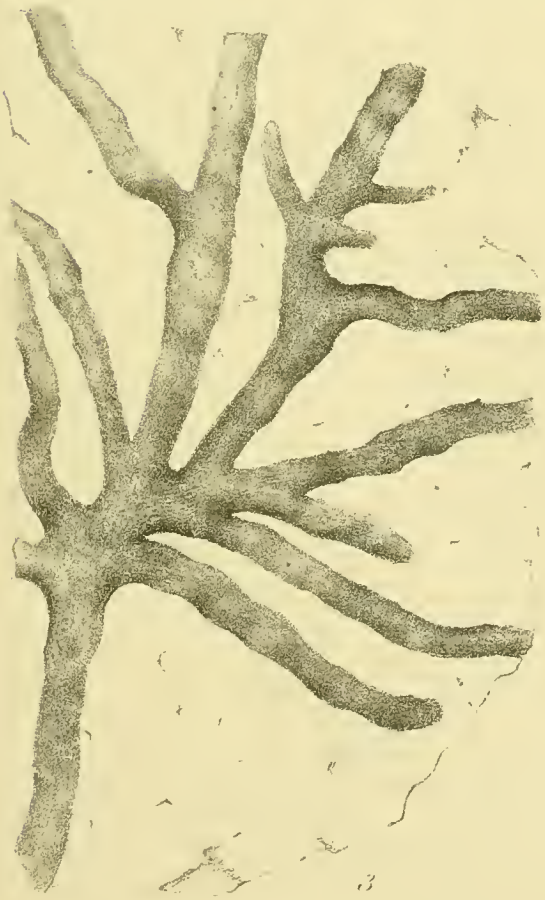
10.

11.

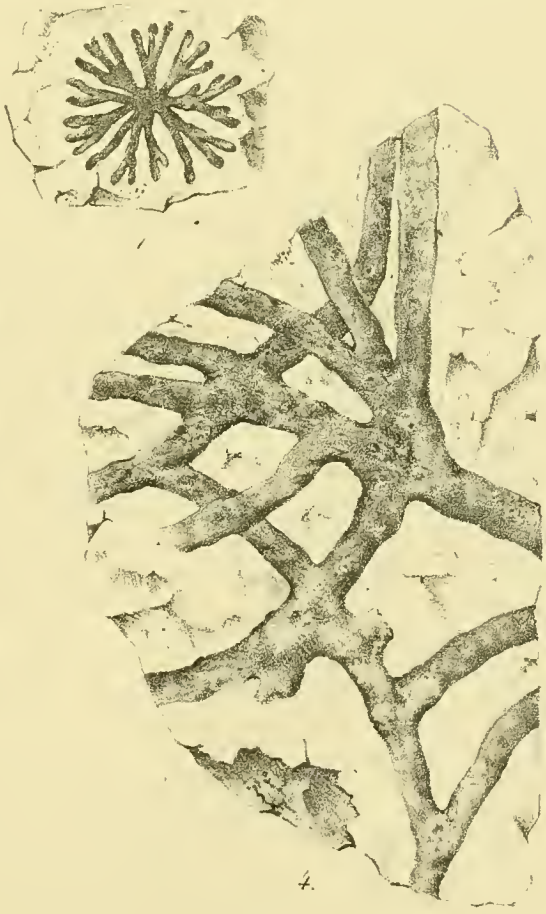
Luth G Severeyns Bruxelles



2



3



4

Lith. G. Severeyns, Bruxelles

Fig 1

Fig 2

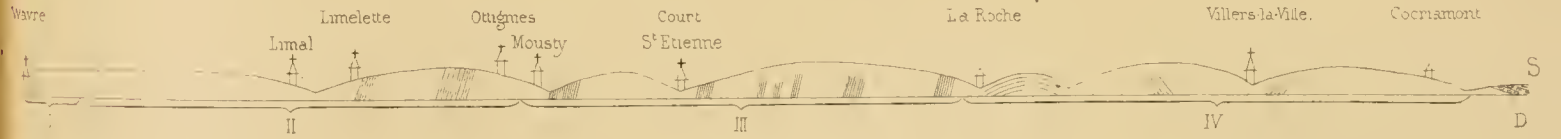


Fig 3

Echelle de 1 à 80 000

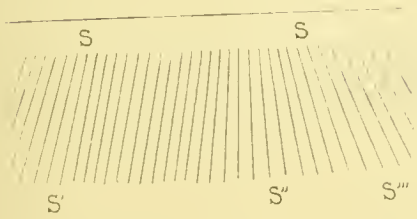


Fig 1.

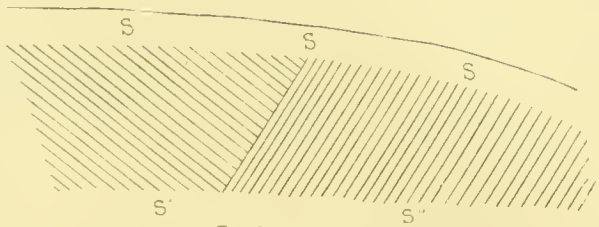


Fig 2

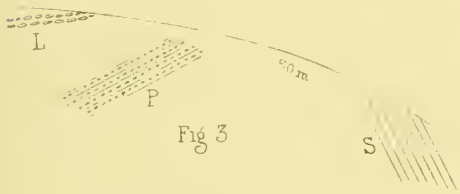


Fig 3

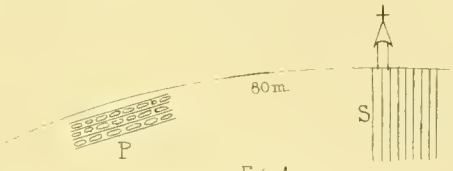


Fig 4

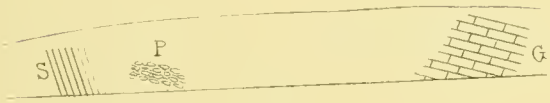


Fig 5

Fig 7

Fig 6

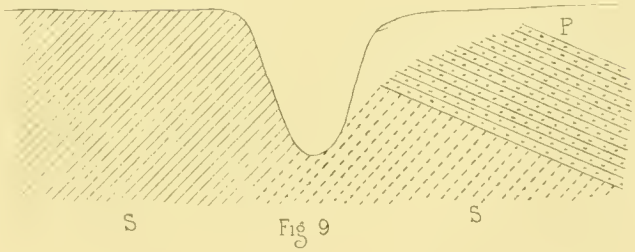


Fig 9

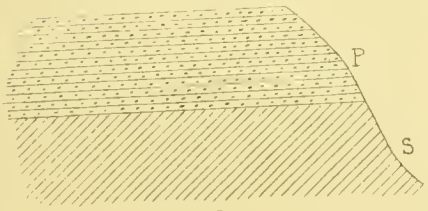


Fig 8

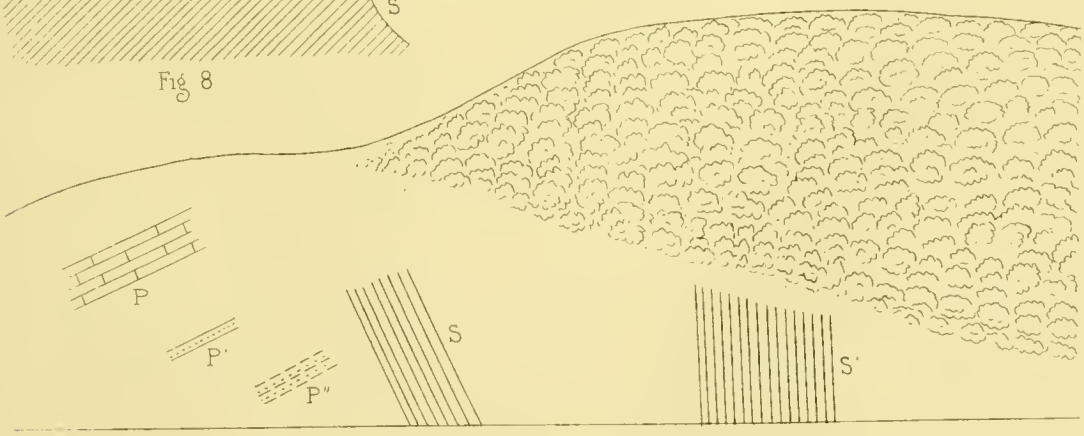


Fig 10

DESCRIPTION

DES

FOSSILES DU CALCAIRE GROSSIER DE MONS.

SECONDE PARTIE.

GASTÉROPODES.

Ordre I. — PROSOBRANCHES.

Section B. — SYPHONOSTOMES

(première partie);

PAR

A. BRIART ET F.-L. CORNET,

INGENIEURS CIVILS.

Présenté à la classe des sciences de l'Académie, dans la séance du 1er février 1873.

AVANT-PROPOS.

La première partie de la *Description des fossiles du calcaire grossier de Mons*, présentée à la classe des sciences de l'Académie royale de Belgique le 11 mai 1869, et imprimée dans ses *Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers*, tome XXXVI, 1870, renfermait les Gastéropodes prosobranches siphonés. Cette section ne contient, comme on sait, que des espèces marines.

Le travail que nous présentons aujourd'hui a pour objet la description des *Prosobranches holostomes* (1re partie), renfermant les genres *Natica*, *Pyramidella*, *Turbonilla*, *Coemansia* (genre nouveau), *Eulima*, *Cerithium*, *Potamides*, *Melania*, *Melanopsis*, *Pirena*, *Turritella* et *Scalaria*. La grande étendue de la section des *holostomes* de Woodward nous a engagés, pour nos descriptions, à la diviser en deux parties que nous donnerons séparément. Ici, la faune du calcaire grossier de Mons commence à se montrer sous son aspect le plus remarquable. Nous commençons, en effet, à constater le mélange de coquilles d'eau douce avec les coquilles marines. Plus tard, nous aurons l'occasion de signaler la présence d'un grand nombre de genres et d'espèces terrestres. C'est ce mélange qui donne à cette faune, comme nous l'avons déjà dit, un aspect tout particulier et très-remarquable, et en fait probablement le plus bel exemple de *faune d'estuaire* que puisse nous offrir

la géologie. Nous ne nous y arrêterons pas plus longtemps aujourd'hui, nous réservant d'en faire l'examen détaillé à la fin de notre travail que nous ferons suivre de considérations générales.

Nous avons pu, de nouveau, constater la grande affinité de cette faune, avec la faune éocène du bassin de Paris, principalement avec celle de l'étage du calcaire grossier. Plusieurs de nos espèces ont, en effet, été reconnues identiques avec des espèces depuis longtemps connues et décrites par les auteurs français. Nous avons, comme par le passé, apporté beaucoup de soins et de prudence à nos déterminations, et nos identifications n'ont pas été faites uniquement d'après les descriptions et les dessins des paléontologistes, mais d'après des spécimens, quelquefois assez nombreux, qui ont été mis à notre disposition par le Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles et par le Musée de Mons, ou que renfermaient nos propres collections. Aussi avons-nous tout lieu d'espérer que ces identifications ne donneront lieu qu'à peu ou point de contestations.

Depuis la publication de la première partie de notre travail, aucune nouvelle découverte n'a été signalée concernant le gisement ou les autres particularités de cette assise si remarquable dont nous avons entrepris de décrire la faune. Aucune fouille nouvelle n'est venue ajouter aux observations précédentes, ainsi qu'aux richesses paléontologiques qu'elle nous a procurées jusqu'aujourd'hui.

DESCRIPTION

DES

FOSSILES DU CALCAIRE GROSSIER DE MONS.

GASTÉROPODES.

Ordre I. — PROSOBRANCHES.

Section *B.* — HOLOSTOMES

(première partie).

Famille : NATICIDES.

Genre **NATICA**, Adanson, 1757.

Car. gén. — Coquille ovale, globuleuse ou déprimée à ombilic plus ou moins ouvert, à spire généralement courte; ouverture oblique, ovale ou semi-lunaire; bord droit tranchant, lisse à l'intérieur; bord gauche non denté, muni d'une callosité plus ou moins forte, descendant sous la forme d'un *funicule* dans l'ombilic qu'elle obstrue quelquefois complétement.

Rem. — Ce genre est excessivement nombreux en espèces. Beaucoup de subdivisions en ont été proposées avec assez peu de succès. Il n'a même pas été possible, comme dans beaucoup d'autres genres, de réunir les espèces primaires en un genre séparé. Aussi Deshayes se contente-t-il de les décrire par sections dérivées de la forme de la coquille sans leur attribuer un nom.

Les premières Natices datent du terrain silurien supérieur. Elles se sont montrées depuis dans tous les étages géologiques, augmentant toujours en nombre jusqu'à l'époque actuelle où elles sont à leur maximum.

Nous en avons trouvé quatre espèces dans le calcaire grossier de Mons, dont deux ont pu être rapportées à des espèces du bassin de Paris.

Natica Parisiensis, Desh., *Sp.*

Pl. IV, fig. 1*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,0135—100
	Largeur —	0,0115— 85
	Hauteur du dernier tour	0,0095— 70
	Angle apicial	95° à 105°

Synonymie : **Natica mutabilis**, Desh., 1824. *Coq foss. des env. de Paris*, t. II, p. 175, pl. XXI, fig. 11 et 12.
— — Bronn, 1848, *Ind. pal.*, p. 785.
— **Parisiensis**, d'Orb., 1850, *Prodrome*, t. II, 25me étage, p. 344, n° 125.
— — Morris, 1854, *Cat. of brit. foss.*, p. 261.
— — Desh., 1864, *Anim. sans vert.*, t. III, p. 66.

Coquille assez petite, globuleuse, un peu plus longue que large, brillante, composée de six tours séparés par des sutures profondes presque canaliculées, enroulés sous un angle régulier d'abord, mais devenant concave par la dilatation du dernier tour. Les tours sont ornés postérieurement d'une carène assez bien marquée, limitant une partie plane qui rejoint le tour antérieur; une autre carène plus obtuse et quelquefois peu visible se remarque, principalement dans l'âge adulte, au milieu du dernier tour et est cachée par le retour de la spire. Ouverture ovale, semi-lunaire, oblique, un peu atténuée en arrière; bord droit arqué, mince et tranchant, mais épaissi à l'intérieur; bord gauche presque droit, creusé, vers le milieu, d'un ombilic profond, plus ou moins large, recouvert à la partie postérieure d'une callosité très-mince, le plus souvent à peine visible.

Remarques. — Le premier nom qui a été donné par Deshayes à cette coquille (*N. mutabilis*, non *Helix mutabilis*, Brander) lui convenait assez. Elle est effectivement très-variable, non-seulement dans ses différents âges, mais d'un individu à l'autre, principalement dans l'âge adulte. Les coquilles du jeune âge sont ordinairement fort régulières, et ont un angle apicial qui peut quelquefois descendre jusqu'à 75°. Dans l'âge adulte, la dilatation du dernier et quelquefois de l'avant-dernier tour rend cet angle concave, par conséquent beaucoup plus ouvert (105°). Les dimensions proportionnelles varient naturellement avec ces variations d'angle apicial.

Nous avons pu comparer nos coquilles de Mons avec des spécimens assez nombreux provenant du bassin de Paris, et nous avons été amenés à les identifier sans conserver à cet égard le moindre doute. D'après Deshayes, cette espèce atteint, dans le bassin de Paris, une taille parfois assez grande (0.040), mais généralement les individus que l'on y rencontre n'atteignent guère qu'à la moitié, et les plus grands du calcaire grossier de Mons acquièrent à peine le tiers de cette taille, c'est-à-dire 0.0135 de longueur.

Nous possédons cependant des fragments de cette espèce que nous n'avons pu utiliser parce qu'ils sont trop incomplets, mais qui annoncent une taille beaucoup plus grande que celle que nous avons indiquée.

Cette espèce est très-abondante en France; Deshayes cite une foule de localités du bassin de Paris où on la rencontre, soit dans le calcaire grossier (Chaumont, Damery, Grignon, etc.), soit dans les sables moyens (Auvers, Beauchamps, etc.) Elle a également été signalée en Italie (val de Ronca) et dans l'Inde (chaine d'Hata). Elle existe aussi en Angleterre dans l'éocène moyen (Colwell bay). Nous la signalons pour la première fois dans notre pays, à la base de nos terrains tertiaires, où elle se trouve en assez grande abondance. Quant à l'*Ampullaria mutabilis* de M. Nyst, qui doit aussi rentrer dans le genre *Natica*, elle diffère du *N. Parisiensis*, principalement par la forme de l'ombilic, et d'Orbigny la cite, dans son Prodrome, sous le nom de *N. submutabilis*.

Fig. 1*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 1*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 1*c*, grandeur naturelle.

NATICA INFUNDIBULUM, Watelet.

Pl. VI, fig. 2*a*, *b*, et 3*a*, *b*, *c*.

(Var. *infundibulum.*)

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,0085—100
	Largeur —	0,010 —118
	Hauteur du dernier tour	0,008 — 94
	Angle apicial	135°

(Var. *tenuicula.*)

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,0115—100
	Largeur —	0,011 — 96
	Hauteur du dernier tour	0,010 — 87
	Angle apicial	105°

SYNONYMIE : **Natica infundibulum**, Watelet, 1853, *Rech. sur les sables infér.*, 2me fasc., p. 24, pl. II, fig. 7-9.
— — Desh., 1864, *Desc. des anim. sans vert.*, t. III, p. 34, pl. LXV, fig. 17-19.
— **tenuicula**, Desh., 1864, *ibid.*, p. 37. pl. LXVII, fig. 23-25.

Coquille assez petite, globuleuse, de dimensions proportionnelles fort variables, le plus souvent plus longue que large, mais quelquefois tellement déprimée que c'est le contraire qui a lieu. Elle est composée de quatre ou cinq tours arrondis, brillants, marqués seulement de lignes de croissance et de quelques sillons près de l'ouverture, séparés par des sutures linéaires souvent assez profondes, mais quelquefois presque superficielles; ces tours s'enroulent sous un angle un peu concave en une spire plus ou moins saillante, et se dilatent rapidement, en laissant, du côté de la base, un ombilic très-large et très-ouvert, profond, arrondi. Ouverture oblique, ovale, semi-lunaire, un peu atténuée en arrière; bord droit arqué, mince, s'épaississant à l'intérieur; bord columellaire presque droit, se renversant un peu sur l'ombilic, et recouvrant le tour précédent en une callosité assez forte, surtout à l'angle postérieur de l'ouverture où elle dessine une légère gouttière à son intersection avec le bord droit.

Remarques. — Peu d'espèces nous ont donné autant de préoccupations que celle-ci. Les spécimens que nous a fournis le calcaire grossier de Mons sont très-nombreux, et nous avions d'abord cru y reconnaître deux espèces. Mais ce grand nombre de spécimens est venu nous prouver que cette distinction était illusoire, et qu'elles passent de l'une à l'autre et d'une manière insensible par de nombreux intermédiaires. La distinction spécifique n'étant plus possible, nous avons cru devoir distinguer les deux formes extrêmes en en faisant deux variétés.

D'un autre côté, nous avons été amenés à rapporter nos coquilles de Mons à plusieurs espèces du bassin de Paris, dont les deux types extrêmes, correspondant à nos deux variétés, sont : le *N. infundibulum*, Watelet, et le *N. tenuicula*, Desh. Ces deux espèces des sables inférieurs n'ont probablement pas été étudiées bien attentivement sur des individus assez nombreux, puisque Deshayes n'a pas reconnu de passage insensible de l'une à l'autre. Nous ne pouvons pourtant admettre que les intermédiaires manquent complétement dans le bassin de Paris, et nous sommes convaincus que de nouvelles observations confirmeront ce que nous avançons ici. Du reste, il faut reconnaître que, comme le plus grand nombre des paléontologistes, et malgré toute sa sagacité, Deshayes a été parfois amené à créer des espèces sur des distinctions peu évidentes et d'une importance assez contestable. Nous citerons, pour le cas qui nous occupe, le *N. Hamiltoni* (1864, t. III, p. 40, pl. LXVIII, fig. 14-16) qui nous paraît être son *N. tenuicula* un peu allongé, et le *N. Woodi* (*id.*, p. 35, pl. LXV, fig. 20-22) qui ne se distingue du *N. infundibulum* de M. Watelet que par des différences bien incertaines. Quant aux dimensions proportionnelles, celles que nous donnons ici sont très-différentes de celles de Deshayes; mais tout dépend de la manière dont ces dimensions sont prises. Nous nous sommes constamment attachés à prendre la longueur dans le sens de l'axe de la coquille, ce qui ne correspond pas toujours à sa plus grande dimension, et la largeur dans un sens perpendiculaire à cet axe, ce qui explique pourquoi, dans le cas qui nous occupe, la largeur est supérieure à la longueur. Il paraîtrait que Deshayes n'a pas toujours suivi cette règle, qui est la bonne, et qu'il arrive ainsi à des dimensions tout autres que les nôtres.

Toutes les espèces que nous venons de citer du bassin de Paris appartiennent aux sables inférieurs; mais le *N. tenuicula* remonte jusque dans le calcaire grossier (Grignon).

Fig. 3*a*, var. *infundibulum*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 3*b*, — — vue par-dessus, grossie deux fois.
— 3*c*, — — grandeur naturelle.
— 4*a*, var. *tenuicula*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 4*b*, — — vue par-dessus, grossie deux fois.
— 4*c*, — — grandeur naturelle.

NATICA WATELETI, *Sp. n.*

Pl. VI, fig. 4*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,0105	100
	Largeur —	0,0085	81
	Hauteur du dernier tour	0,007	67
	Angle apicial		97°

Coquille assez petite, globuleuse, un peu plus longue que large, brillante, composée de cinq tours arrondis, séparés par des sutures assez profondes et bien marquées, s'enroulant sous un angle régulier en une spire assez saillante, et laissant, du côté de la base, un ombilic assez large, profond, arrondi. Ouverture un peu oblique, semi-lunaire; bord droit arqué, mince, s'épaississant à l'intérieur; bord columellaire presque droit, se renversant sur la partie postérieure de l'ombilic en une petite lèvre calleuse, arrondie, nettement séparée des deux côtés, et correspondant, à l'intérieur de l'ombilic, à un léger funicule presque contigu au tour précédent; celui-ci est revêtu, dans l'ouverture même, d'une callosité très-mince vers le milieu, mais s'épaississant un peu vers l'angle postérieur, où elle dessine une légère gouttière par son intersection avec le bord droit.

Remarques. — Cette espèce est très-rare dans le calcaire grossier de Mons. Elle appartient évidemment au groupe assez nombreux dans lequel domine le *N. epiglottina*, Lamk. D'après Deshayes (1864, *Anim. sans vert.*, t. III, p. 56), cette espèce et toutes ses variétés se distinguent en ce que la petite lèvre arrondie correspondant à un funicule descendant dans l'ombilic, se trouve presque toujours au milieu de celui-ci. Nous ne pouvons donc y rapporter notre espèce, dont la lèvre ombilicale est, du reste, de dimensions plus restreintes. D'un autre côté, nous remarquons, parmi les nombreuses subdivisions que Deshayes a fait subir à l'espèce de Lamark, dans son second ouvrage, subdivisions peut-être trop nombreuses, le *N. exerta* (t. III, p. 51, pl. LXVIII, fig. 27-28) dont le funicule ombilical occupe la partie postérieure de l'ombilic, comme dans la coquille du calcaire grossier de Mons. Les dimensions proportionnelles des deux coquilles sont à peu près les mêmes, mais l'angle apicial de l'espèce de Mons est beaucoup plus ouvert, ce qui rend toute identification impossible.

FIG. 4*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 4*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 4*c*, grandeur naturelle.

NATICA JULEI, *Sp. n.*

Pl. VI, fig. 16*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,008	—100
	Largeur —	0,0065	— 81
	Hauteur du dernier tour	0,005	— 62
	Angle apicial		75°

Coquille mince, brillante, un peu plus longue que large, composée de six ou sept tours arrondis, carénés à la partie postérieure, séparés par des sutures profondes, subcanaliculées, s'enroulant en une spire assez aiguë sous un angle concave. Ouverture ovale, semi-lunaire, oblique, atténuée postérieurement; bord droit arqué, mince, s'épaississant peu à peu à l'intérieur, rejoignant brusquement le tour précédent; bord columellaire un peu évasé à la partie antérieure, rejoignant en courbe légère le tour précédent sur lequel il se prolonge en une mince callosité jusqu'à l'angle postérieur de l'ouverture; ombilic simple, allongé.

Remarques. — Cette espèce n'est pas très-abondante dans le calcaire grossier de Mons. Elle est proportionnellement plus large que le *N. sinuosa*, d'Orb. (*Prodrome*, t. II, 24ᵉ étage, p. 312, nº 264. — Deshayes, *Anim. sans vert.*, 1864, t. III, p. 78, pl. LXVII, fig. 11-13), par conséquent son angle apicial est plus ouvert. Outre cela, l'absence complète de filet ou funicule ombilical à notre coquille s'oppose à toute identification. Nous possédons des spécimens un peu plus dilatés que celui que nous avons dessiné, à spire un peu plus courte, mais dont nous ne pouvons cependant faire une espèce distincte.

FIG. 16*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie trois fois.
— 16*b*, vue par-dessus, grossie trois fois.
— 16*c*, grandeur naturelle.

Famille : PYRAMIDELLIDES.

Genre **PYRAMIDELLA**, Lamk., 1796.

Car. gén. — Coquille allongée, turriculée, conique, à tours membreux, lisses et polis; sommet embryonnaire sénestre ou enroulé obliquement; ouverture oblique, ovale; columelle droite, proéminente, portant plusieurs gros plis.

Rem. — Les deux genres *Pyramidella* et *Turbonilla* sont très-voisins. Les plis columellaires des Pyramidelles ne sont pas, d'une manière aussi bien marquée, en connexion directe avec le bord antérieur que le pli unique des Turbonilles. D'un autre côté, on a décrit des Pyramidelles à un seul pli ne présentant pas cette particularité, et dont, par conséquent, les columelles sont proéminentes. Sans rejeter d'une manière absolue les Pyramidelles à un seul pli, nous sommes portés à croire, cependant, qu'elles n'ont pas été etudiées avec assez de soins, et que l'on ne s'est pas aperçu, par exemple, de l'enlévement d'une partie du labre. Quant au caractère que l'on donne souvent, tiré du plissement périodique de l'intérieur du bord droit, il est commun aux deux genres et ne peut entrer dans la caractéristique ni de l'un ni de l'autre. Il serait donc rationnel de faire rentrer toutes les coquilles portant plus d'un pli à la columelle dans le genre *Pyramidella*. Tel est le cas du *Turbonilla polygirata*, Desh., très-voisin par ses plis du *Pyramidella eburnea*, Desh.

Plusieurs auteurs ont proposé de subdiviser le genre, de ne plus admettre parmi les Pyramidelles que les coquilles plissées longitudinalement, et de reléguer dans le genre *Obeliscus* les coquilles plus élancées, lisses et polies. Ce changement n'étant pas encore généralement admis en Angleterre, et moins encore sur le continent, nous ne l'admettrons pas non plus, d'autant plus que l'unique espèce de ce genre que nous a procurée le calcaire grossier de Mons n'est pas nouvelle, et que nous ne voyons aucun avantage sérieux à lui donner un autre nom que celui sous lequel elle est connue depuis longtemps dans la science.

PYRAMIDELLA EBURNEA, Desh.

Pl. VI, fig. 14*a*, *b*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,006 —100
	Largeur —	0,0015— 25
	Hauteur du dernier tour	0,0015— 25
	Angle apicial moyen	10° à 15°

SYNONYMIE : **Pyramidella eburnea**, Desh., 1862, *Desc. des an. sans vert. du bassin de Paris*, t. II, p. 585, pl. XXI, fig. 26-27.

Coquille petite, allongée, turriculée, composée de dix à douze tours lisses et brillants, assez larges, peu convexes, séparés par des sutures bien marquées, s'enroulant sous un

angle légèrement convexe; le dernier tour assez long, à base arrondie. Ouverture ovale, un peu oblique, aiguë en arrière, arrondie en avant, ayant le bord droit largement arqué jusqu'à la partie antérieure, se retournant en arrière pour contourner la columelle et former un pli oblique peu saillant, en avant d'un pli postérieur plus grand et plus transverse; ces deux plis sont séparés par un sillon arrondi assez large, et le pli postérieur est séparé du tour précédent par un sillon également arrondi, mais plus large et plus profond.

Remarques. — Les dimensions proportionnelles de notre coquille sont exactement les mêmes que celles données par Deshayes à son espèce du bassin de Paris; elle porte également deux plis de mêmes formes à la columelle, et l'aspect extérieur des tours semble être également identique. La seule différence que nous puissions signaler consiste dans la taille plus grande de la coquille parisienne, qui est le double de celle de la coquille de Mons. Nous ne croyons pas que cette particularité soit suffisante pour faire de cette dernière une espèce distincte, d'autant plus que les dimensions données par Deshayes sont probablement celles de son plus grand spécimen, tandis que celles qui figurent en tête de notre description ont été prises sur un individu d'assez petite taille, mais fort bien conservé, à peu près intact, et que, pour cela, nous avons dessiné. Nous en possédons d'autres dont le diamètre dépasse deux millimètres, c'est-à-dire atteignant les deux tiers de la taille donnée par Deshayes.

Cet auteur fait remarquer que cette espèce est l'une des plus allongées et des plus étroites du genre, et que c'est par cette forme toute particulière qu'elle se reconnaît avec facilité.

Fig. 14*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie sept fois.
— 14*b*, grandeur naturelle.

Genre **TURBONILLA**, Risso, 1826.

Car. gén. — Coquille conoïde, subulée, polie, à sommet embryonnaire sénestre ou enroulé latéralement; ouverture ovale, anguleuse en arrière, large et arrondie en avant, à péristome non continu; bord columellaire portant un pli toujours en connexion avec le bord antérieur dont il semble n'être que le retour en arrière enroulé autour de la columelle.

Rem. — Il nous a été impossible de séparer les deux genres *Turbonilla* et *Odostomia* tels que les décrivent quelques auteurs, entre autres Deshayes. Leurs caractères se fondent tellement à la limite qui les sépare, que, d'après cet auteur même, on peut citer plusieurs espèces incertaines entre les deux genres, indiquant ainsi les rapports très-intimes qui existent entre eux. Il ajoute dans un autre endroit qu'on éprouve un véritable embarras pour classer ces espèces incertaines dans l'un ou l'autre genre. Nous devons en conclure que cette limite n'existe pas, et, d'accord en cela avec quelques paléontologistes, nous réunissons les deux genres en conservant le nom le plus ancien, donné par Risso en 1826. Pris de cette manière, ce genre se distingue du genre *Pyramidella* en ce qu'il n'a qu'un seul pli à la columelle.

Nous ne dirons rien ici du genre *Chemnitzia* de d'Orbigny, dans lequel on est assez généralement convenu de ranger les espèces flottantes entre les genres *Melania* et *Turbonilla* des terrains secondaires.

Compris ainsi, le genre *Turbonilla* a commencé avec l'époque tertiaire. Deshayes et d'autres auteurs en ont décrit un assez grand nombre d'espèces. Le calcaire grossier de Mons nous en a procuré huit, dont trois déjà connues dans le bassin de Paris.

Turbonilla acicula, Lamk., *Sp.*

Pl. VI, fig. 11*a*, *b*.

Dimensions : Longueur de la coquille . . . . . 0,0055 —100
Largeur — . . . . . 0,00125— 25
Hauteur du dernier tour. . . . . 0,00125— 25
Angle apicial. . . . . 10° à 15°

Synonymie : **Auricula acicula**, Lamarck, 1806, *Ann. du mus.*, t. IV, p. 436, et t. VIII, pl. LX, fig. 9.
— — Defrance, *Dict. des sc. nat.*, t. III, Suppl.
Pyramidella — Ferussac, 1823, *Tabl. syst. des anim. mollusques*, p. 107.
Auricula — Deshayes, 1824, *Desc. des coq. foss. des env. de Paris*, t. II, p. 71, pl. VIII, fig. 6-7.
Turbonilla — d'Orbigny, 1850, *Prod.*, t. II, 24me étage, p. 311, n° 249, et 25me ét., p. 343, n° 88.
— — Deshayes, 1862, *Desc. des anim. sans vert.*, t. II, p. 370.
— — Watelet, 1870, *Cat. des moll. des sables inf.*, p. 9.

Coquille petite, turriculée, très-allongée, composée de neuf tours assez larges s'enroulant sous un angle convexe en une spire dont le sommet est assez aigu, tandis que la partie antérieure est presque cylindrique. Les tours sont lisses et brillants, un peu arrondis, séparés par des sutures linéaires bien marquées. Base arrondie, ouverture ovale,

allongée, un peu oblique, aiguë en arrière ; le bord droit arqué, le côté antérieur arrondi, un peu sinueux à la columelle, revenant en arrière et contournant celle-ci à sa base de manière à former un pli très-prononcé, séparé du tour précédent par un sillon assez large.

Remarques. — Ce qui caractérise cette espèce, c'est sa forme plus allongée qu'en aucune autre et son angle apicial convexe au sommet et devenant presque cylindrique aux derniers tours. Quant aux stries longitudinales, elles sont très-peu visibles et la figure de Deshayes exagère beaucoup ces ornements. D'après cette figure, l'idée ne nous serait pas venue de lui rapporter notre coquille, dont nous aurions fait une espèce nouvelle, si nous n'avions pu la comparer à de nombreux spécimens provenant du bassin de Paris.

Les auteurs français (même d'Orbigny) admettent la présence de cette espèce dans les deux étages du calcaire grossier et des sables inférieurs ; seulement, ils la font descendre plus ou moins bas dans ce dernier étage. Elle n'avait, jusqu'à présent, pas encore été reconnue d'une manière certaine en dehors du bassin de Paris. M. Nyst, trompé par les figures très-insuffisantes de Deshayes, avait cru devoir y rapporter un *Turbonilla* des assises rupeliennes de Klein-Spauwen et de Heerderen (*Desc. des coq. et polyp. foss. de Belgique*, 1843, p. 427, pl. XXXVII, fig. 25), mais il a depuis longtemps reconnu l'erreur de sa première détermination. Cette espèce est devenue le *Turbonilla aonis* de d'Orbigny (*Prod.*, 1850, t. III, 26^{me} étage, p. 5, n° 70). Quant au nom que lui a donné M. Bosquet en 1859 (*Turbonilla laevissima*), il doit disparaître. *Le Turbonilla acicula* n'est pas très-rare dans le calcaire grossier de Mons.

Fig. 11*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 11*b*, grandeur naturelle.

Turbonilla hordeola, Lamk., *Sp.*

Pl. VI, fig. 6*a*, *b*.

Dimensions : Longueur de la coquille . . . . . 0,0055 —100
Largeur — . . . . . 0,00225— 41
Hauteur de l'ouverture . . . . . 0,00225— 41
Angle apicial. . . . . 55°

Synonymie . **Auricula hordeola**, Lamk., 1804, *Ann. du mus.*, t. IV, p. 436, n° 5.
— — Lamk., 1822, *Anim. sans vert.*, t. VII, p. 589, n° 5.
Pyramidella — Defr., 1816, *Dict. des sc. nat.*, Supp.
Auricula — Ferussac, 1822, *Tabl. syst. des anim. moll. Auric.*, p. 104, n° 13.
— — Desh., 1824, *Coq. foss. des env. de Paris*, t. II, p. 68, pl. VI, fig. 21-22
— — Bronn, 1848, *Ind. pal.*, t. I, p. 135.
Turbonilla — d'Orb., 1850, *Prodr.*, t. II, 25me étage, p. 342, n° 86
Odostomia — Desh., 1865, *Anim. sans vert.*, t. II, p. 553.

Coquille assez petite, conique, composée de six ou sept tours s'enroulant régulièrement en une spire pointue. Ces tours sont un peu arrondis, séparés par des sutures régulières assez profondes, le tour antérieur débordant quelque peu le tour postérieur; ces tours sont lisses et brillants, marqués seulement de quelques stries de croissance transverses, peu apparentes. Ouverture assez grande, ovale, allongée, oblique, aiguë en arrière; le bord droit largement arqué, s'épaissit assez rapidement et porte souvent, à l'intérieur, quelques plis irréguliers; le bord antérieur arrondi, saillant, retournant en arrière pour former un bord gauche qui contourne la columelle à sa base et y dessine un pli oblique assez aigu, parallèle au bord antérieur dont il est séparé par un sillon de la même largeur que lui.

Remarques. — Nous avons pu comparer cette coquille, que nous avons rencontrée assez abondamment dans le calcaire grossier de Mons, à d'assez nombreux spécimens provenant du bassin de Paris. Cette comparaison ne nous laisse aucun doute quant à l'identification que nous proposons.

Comme on le voit par la synonymie, cette petite espèce est connue depuis fort longtemps. Elle est fort abondante dans le calcaire grossier de Paris et jusque dans les sables moyens, mais ne paraît pas s'élever plus haut dans la série des terrains tertiaires. D'après Deshayes, la coquille du bassin de l'Adour à laquelle Grateloup a donné ce nom (*Conch. foss. des. terr. tert. du bass. de l'Adour*, pl. I (n° 14), fig. 39-42), est une espèce différente bien que voisine.

Fig. 6*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie six fois.
— 6*b*, grandeur naturelle.

TURBONILLA DESHAYESI, Desh., *Sp.*

Pl. VI, fig. 8*a*, *b*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,007	—100
	Largeur —	0,00225	— 32
	Hauteur de l'ouverture	0,002	— 29
	Angle apicial.		20°

SYNONYMIE : **Odostomia turbonilloides**, Desh., 1865, *Anim. sans vert.*, t. II, p. 561, pl. XIX, fig. 12-14.

Coquille petite, conique, allongée, turriculée, composée de huit tours peu convexes, s'enroulant sous un angle assez régulier et séparés par des sutures linéaires bien marquées. Ces tours, lisses et brillants, montrent peu ou point d'ornements. Base arrondie; ouverture ovale, arrondie en avant, aiguë en arrière; labre simple, peu courbé au bord droit, s'arrondissant régulièrement à la partie antérieure et regagnant la columelle qu'il contourne de manière à former un pli mince et assez saillant dans l'ouverture, pli qui reste parallèle au tour précédent dont il n'est séparé que par un mince sillon; le bord droit s'épaissit assez rapidement et est quelquefois plissé un peu en arrière de l'ouverture.

Remarques. — La forme, les proportions et les autres caractères de cette coquille se rapportent exactement à la description que fait Deshayes de l'*Odostomia turbonilloides*, surtout si l'on tient compte des variations que l'âge peut apporter dans les dimensions proportionnelles. Cette espèce se rencontre, dans le bassin de Paris, depuis les sables inférieurs de Cuise-la-Motte jusqu'au calcaire grossier supérieur de Parnes, Grignon, etc.

N'admettant pas le genre *Odostomia*, et ne pouvant conserver à un *Turbonilla* l'épithète de *turbonilloides*, nous croyons ne pouvoir mieux faire que de donner à cette espèce le nom de l'illustre paléontologiste qui l'a décrite le premier.

FIG. 8*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie cinq fois.
— 8*b*, grandeur naturelle.

TURBONILLA EXTENSA, *Nov. sp.*

Pl. VI, fig. 7*a*, *b*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,008 —100
	Largeur —	0,0025— 31
	Hauteur du dernier tour	0,0025— 31
	Angle apicial	15° à 15°

Coquille petite, allongée, turriculée, composée de onze ou douze tours assez étroits, presque plats, s'enroulant sous un angle sensiblement convexe, séparés par des sutures linéaires. Base arrondie, assez obtuse; ouverture assez petite, ovale, oblique, terminée en arrière par un angle fort aigu, arrondie en avant; le bord gauche contourne la columelle à la base de celle-ci, et forme un pli mince et saillant séparé du dernier tour par un sillon bien accusé.

Remarques. — Le seul spécimen que nous possédons de cette espèce est fruste et a perdu l'éclat qui caractérise les coquilles de la famille des *Pyramidellidae*. C'est une coquille fort allongée qui a les plus grands rapports avec le *Turbonilla nitida*, Mell. sp. (*Pyramidella nitida*, 1843, *Sabl. inf.*, p. 53, pl. IX, fig. 17-19), mais cette dernière est plus allongée encore et a les tours plus nombreux et enroulés tout à fait régulièrement. Nous pouvons aussi la comparer au *T. fragilis*, Desh. (1864, *Anim. sans vert.*, t. II, p. 570, pl. XX, fig. 11, 12). Cette dernière, il est vrai, a les tours arrondis, mais il faut remarquer que notre coquille est fortement usée, ce qui peut avoir aplati les tours. Ce sont, dans tous les cas, deux espèces très-voisines, mais la nôtre paraît être proportionnellement un peu plus large, avoir un test plus solide, et le pli columellaire plus fort et plus rapproché du dernier tour.

FIG. 7*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie cinq fois.
— 7*b*, grandeur naturelle.

TURBONILLA CONJUNGENS, *Nov. sp.*

Pl. VI, fig. 5*a*, *b*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,004	— 100
	Largeur —	0,002	— 50
	Hauteur du dernier tour	0,0015	— 37
	Angle apicial		38°

Coquille assez petite, conique, composée de six tours presque plats, s'enroulant en une spire pointue sous un angle un peu convexe, séparés par des sutures linéaires un peu irrégulières, quoique bien marquées; ces tours sont lisses et brillants, marqués seulement de stries ou sillons d'accroissement très-légers. Base arrondie; ouverture ovale oblique, peu proéminente, aiguë en arrière; bord droit largement arqué; bord antérieur arrondi; columelle saillante, droite, portant à la base un pli presque contigu au tour précédent.

Remarques. — La forme de cette espèce n'est pas tout à fait constante; quelques spécimens ont la spire plus courte et l'ouverture plus allongée. Plus étroite que le *Odostomia miliola*, Lamk. sp., plus large que le *O. pyramidellatum*, Desh.; c'est, en quelque sorte, l'intermédiaire entre les deux.

FIG. 5*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie six fois.
— 5*b*, grandeur naturelle.

TURBONILLA PARVA, *Nov. sp.*

Pl. VI, fig. 10*a*, *b*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,0045	— 100
	Largeur —	0,002	— 44
	Hauteur du dernier tour	0,0015	— 33
	Angle apicial		28°

Coquille très-petite, turriculée, composée de six tours presque plats, s'enroulant régulièrement, séparés par des sutures linéaires bien marquées. Ces tours sont lisses et brillants. Base arrondie, vaguement carénée à la circonférence; c'est un peu en avant de cette carène que se fait le retour de la spire, ce qui rend la suture bien apparente; ouverture ovale, oblique, assez large, le bord droit un peu arqué, le bord antérieur arrondi, peu saillant; la columelle arquée, portant à la base un petit pli presque contigu au dernier tour.

Remarques. — Cette espèce est caractérisée par l'extérieur des tours presque plats et par la carène obtuse de la base. Le pli columellaire est

aussi plus rapproché du tour précédent qu'à toutes nos autres espèces. Cette dernière particularité la distingue très-bien du *T. exigua*, que nous verrons ci-dessous.

Fig. 10*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie cinq fois.
— 10*b*, grandeur naturelle.

Turbonilla conica, *Nov. sp.*

Pl. VI, fig. 12*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,0095	—100
	Largeur —	0,00275	— 29
	Hauteur de l'ouverture	0,00275	— 29
	Angle apicial		19°

Coquille assez grande, turriculée, allongée, à tours nombreux presque plats, assez larges, s'enroulant régulièrement, séparés par des sutures linéaires bien marquées. Ces tours sont lisses et brillants, marqués seulement de légères stries de croissance. Base arrondie, assez allongée; ouverture ovale, peu oblique, assez longue; la columelle arquée, portant à sa base un pli assez fort, séparé du tour précédent par un assez large sillon.

Remarques. — Nous ne possédons qu'un fragment de cette coquille; il a conservé l'éclat caractéristique du genre. C'est la plus grande de nos espèces. Quelques espèces seulement au bassin de Paris sont de plus grande taille. Comme le *Turbonilla parva* (p. 15), elle a les tours presque plats, mais elle s'en distingue aisément par sa forme plus allongée.

Fig. 12*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie quatre fois.
— 12*b*, vue par-dessus.
— 12*c*, grandeur naturelle.

Turbonilla exigua, *Nov. sp.*

Pl. VI, fig. 9*a*, *b*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,00425	—100
	Largeur —	0,0015	— 35
	Hauteur du dernier tour	0,00125	— 30
	Angle apicial		20°

Coquille petite, conique, composée de huit ou neuf tours plats, lisses et brillants, s'enroulant régulièrement, séparés par des sutures linéaires quelquefois enfoncées, d'autres fois à peine visibles. Base un peu conique, vaguement carénée à la circonférence; ouverture assez

large, un peu oblique, aiguë en arrière; le bord droit en ligne droite jusqu'à la carène, le bord antérieur arrondi, le bord columellaire très-infléchi à la base de la columelle, celle-ci droite, portant à sa base un pli saillant, séparé du tour précédent par un sillon assez large.

Remarques. — Cette espèce est assez rare. L'absence du bord droit au spécimen que nous avons dessiné lui donne un faux air de *Pyramidella* en enlevant toute connexion entre le bord antérieur et le pli columellaire. Il est probable que pareille chose est arrivée plus d'une fois, et que des *Turbonilla* ont été, à cause de cela, rangés dans les *Pyramidella*.

Très-voisine du *T. parva* (p. 15) et, comme lui, très-vaguement carénée à la circonférence de la base; elle s'en distingue par sa forme plus allongée et par son pli columellaire, séparé du tour précédent par un sillon beaucoup plus large.

Fig. 9*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie huit fois.
— 9*b*, grandeur naturelle.

Genre **COEMANSIA**, Briart et Cornet.

Car. gén. — Coquille allongée, turriculée, brillante, les tours ornés de grosses côtes longitudinales, à sommet sénestre ou enroulé latéralement; ouverture ovale ou subquadrangulaire, à péristome non continu; un gros pli au milieu de la columelle.

Remarques. — Deux coquilles du calcaire grossier de Mons, appartenant à la famille des Pyramidellides, nous ont paru d'une forme assez remarquable et assez en dehors de ce qui est connu jusqu'à présent, pour constituer un genre nouveau. Nous n'avons pu, en effet, les rapporter à l'un ou à l'autre des genres actuels de cette famille si bien caractérisée par son sommet embryonnaire sénestre ou enroulé latéralement. Les ornements extérieurs des tours, composés de grosses côtes longitudinales, au nombre de trois dans les deux espèces que nous avons décrites, leur sont tout à fait étrangers, surtout au genre *Turbonilla* duquel le pli columellaire unique tendrait à les rapprocher le plus.

Aucune de nos deux espèces ne nous a offert l'ouverture complète; mais il est probable que, comme dans le genre *Turbonilla* que nous venons de

citer, le bord antérieur était arrondi et, faisant retour en arrière, contournait la columelle pour former le pli dont celle-ci est ornée. Nous avons été plus heureux du côté du sommet de la spire, qui, dans le cas qui nous occupe, est d'une importance capitale. L'une de nos espèces porte en effet le sommet embryonnaire intact, que nous avons pu dessiner au microscope à la chambre claire, et qui, par sa forme, ne laisse aucun doute sur la famille à laquelle notre nouveau genre appartient.

Ce sommet embryonnaire a été retrouvé dans des coquilles fortement ornées longitudinalement comme les nôtres, et même réticulées, mais sans pli à la columelle : ces coquilles ont donné lieu à la création d'un genre nouveau sous le nom de *Mathilda*, Semper, 1865 (*Journal de conchyliologie*), nom que M. Bosquet a proposé de changer en celui de *Mathildia* (1869) pour le faire accorder avec les règles de la nomenclature. Ce genre doit être admis et renferme déjà d'assez nombreuses espèces. Notre nouveau genre se place entre lui et le genre *Turbonilla*, et constitue un trait d'union qui le rattache plus intimement à la famille des Pyramidellides.

Nous avons donné à notre nouveau genre le nom de notre excellent ami M. Eugène Coemans, dont l'Académie royale de Belgique et le monde savant déplorent la perte récente. Nous ne pouvons mieux faire ici que de citer les lignes suivantes, extraites de la notice biographique de cet estimable savant publiée par M. Malaise dans l'*Annuaire de l'Académie* pour l'année 1872 : « Après s'être livré avec succès à l'étude des cryptogames, il allait entrer » en lice pour la paléontologie végétale, avec des connaissances nombreuses » et surtout de riches matériaux. Ses études embrassèrent toute la flore fos- » sile belge et il s'était mis en mesure d'exécuter le vaste plan qu'il avait » conçu. Il s'y était préparé de longue date, en suivant les cours de bota- » nique et de paléontologie végétale, en visitant les principaux musées » d'Angleterre, d'Allemagne, de France, etc., et en récoltant les fossiles » végétaux dans ces divers pays (p. 129). »

COEMANSIA COMICA, *Nov. sp.*

Pl. VII, fig. 5*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,003	—100
	Largeur —	0,001	— 33
	Hauteur du dernier tour	0,0005?	— 17
	Angle apicial	15° à 16°	

Coquille fort petite, conique, turrieulée, composée de neuf ou dix tours s'enroulant régulièrement, les trois premiers convexes, irréguliers, les autres tout à fait plats. Ces tours sont assez étroits, ornés à l'extérieur de trois côtes presque égales, longitudinales, arrondies, contiguës, à surface lisse et brillante; ils sont séparés par des sutures de même forme et de même dimension que les sillons qui séparent les côtes, de sorte qu'il est fort difficile de les distinguer. Base assez plate, terminée extérieurement par une carène obtuse ou quatrième côte plus petite sur laquelle se fait le retour de la spire. Ouverture subquadrangulaire, un peu arrondie au bord droit, un peu plus large que longue; columelle droite, assez forte, portant au milieu un pli oblique, aigu, assez proéminent.

Remarques. — Nous ne possédons qu'un seul spécimen de cette espèce. L'état incomplet de l'ouverture nous empêche de décrire entièrement cette partie, qu'il eût été cependant si intéressant de connaître.

FIG. 5*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie treize fois.
— 5*b*, grandeur naturelle.
— 5*c*, vue fortement grossie de l'extrémité de la spire montrant le sommet embryonnaire.

COEMANSIA CYLINDRACEA, *Nov. sp.*

Pl. VII, fig. 6*a*, *b*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,0033?	—100
	Largeur —	0,00075	— 22
	Hauteur du dernier tour.	?	?
	Angle apicial aux derniers tours	5° à 6°	

Fort petite coquille, à tours très-nombreux s'enroulant sous un angle d'abord assez ouvert, mais se refermant de plus en plus de telle sorte que les quatre ou cinq derniers affectent un enroulement en quelque sorte cylindrique. Ces tours sont assez étroits, réguliers, plus saillants à la partie postérieure où ils débordent le tour précédent, ce qui rend la suture très-bien marquée; ils sont ornés de trois côtes longitudinales rondes, presque égales, contiguës, à surface lisse et brillante. Base plate, limitée extérieurement par une

quatrième côte plus petite que les autres, sur laquelle se fait le retour de la spire. Ouverture quadrangulaire, un peu arrondie aux angles extérieurs, un peu plus longue que large; columelle assez forte, droite, portant en son milieu un pli oblique tranchant.

Remarques. — Nous ne connaissons non plus qu'un seul spécimen de cette espèce, et comme pour la précédente, nous devons exprimer le regret de ne pouvoir décrire entièrement l'ouverture. Les deux espèces ne pourront jamais être confondues; il suffit de jeter un coup d'œil sur les figures, dessinées au microscope à la chambre claire, par conséquent d'une exactitude rigoureuse, pour juger des différences très-grandes qui existent entre elles.

Fig. 6*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie treize fois.
— 6*b*, grandeur naturelle.

Genre **EULIMA**, Risso, 1825.

Car. gén. — Coquille conique, subulée, mince, lisse et brillante, à sommet sénestre ou enroulé latéralement; ouverture ovale, à péristome non continu, anguleuse en arrière, arrondie et proéminente en avant, le bord droit mince, le bord columellaire non plissé.

Rem. — Les Eulimes sont quelquefois infléchies, et des varices aplaties ou bouches périodiques se remarquent plus ou moins vaguement sur un des côtés de la coquille. Elles se distinguent des autres Pyramidellides par le brillant de leur surface, plus prononcé que dans aucun autre genre, et par l'absence de pli à la columelle.

Ce genre remonte très-haut dans les temps géologiques. Les premières espèces datent de l'époque carbonifère. Nous citerons le *E. Philipsiana* de M. de Koninck, assez abondante dans les calcaires carbonifères de notre pays. Le genre se continue, sans cependant jamais acquérir une bien grande importance, pendant toute la période secondaire, et arrive à la période tertiaire où il prend une certaine extension.

Le calcaire grossier de Mons nous en a procuré quatre espèces que nous n'avons pu rapporter à aucune espèce connue.

Eulima levis, *Nov. sp.*

Pl. VII, fig. 15*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,005—100
	Largeur —	0,002— 40
	Hauteur du dernier tour.	0,002— 40
	Angle apicial.	30°

Coquille petite, allongée, turriculée, à spire régulièrement conique, composée de six tours, les premiers arrondis séparés par des sutures profondes, les suivants s'allongeant et s'aplatissant de plus en plus à mesure que l'on avance vers l'ouverture sans que l'angle apicial varie, et la suture changeant d'aspect, devenant un peu irrégulière et se faisant par la juxtaposition du bord droit sur le tour précédent; une légère dépression règne le long de cette suture à la partie postérieure des derniers tours. Tous les tours sont lisses et brillants, la base est largement arrondie.

Remarques. — L'ouverture est incomplète et ne peut être décrite avec une entière certitude. Cependant, d'après les indices de la coquille, nous pouvons dire qu'elle était ovale, arrondie et un peu saillante en avant; le bord droit arqué, le bord gauche également arqué, mais rejoignant la suture par une courbe en sens inverse, ce qui rend l'angle postérieur de l'ouverture très-aigu.

Cette espèce est assez voisine du *E. turgidula,* Desh. (1866, t. II, p. 540, pl. XXVII, fig. 45-47). Cette dernière a les mêmes dimensions, par conséquent le même angle apicial, mais pour la même longueur que la nôtre, elle présente neuf tours beaucoup plus étroits et l'ouverture moins allongée. En outre, Deshayes indique tous les tours formés de la même manière, au lieu d'être plus arrondis au sommet, particularité remarquable et qui paraît être le trait caractéristique de l'espèce.

Fig. 15*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie six fois.
— 15*b*, vue par-dessus, grossie six fois.
— 15*c*, grandeur naturelle.

Eulima vicina, *Nov. sp.*

Pl. VII, fig. 12*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,0045	—100
	Largeur —	0,0015	— 33
	Hauteur de l'ouverture	0,00175	— 38
	Angle apicial.	20° à 22°	

Coquille petite, conique, turriculée, brillante, à spire pointue, composée de huit tours à peu près plats, s'enroulant sous un angle régulier, séparés par des sutures linéaires presque superficielles. Ces tours sont sans ornements, si ce n'est quelques stries ou plis de croissance visibles seulement à la loupe. Ouverture ovale, un peu oblique, aiguë en arrière, légèrement sinueuse en avant; le bord droit presque droit depuis la suture jusqu'à la circonférence de la base où se fait le retour de la spire; columnelle droite, peu oblique, renflée au milieu. On remarque, à la partie postérieure des tours, près de la suture, une légère dépression longitudinale très-peu sensible qu'il est fort difficile de montrer par le dessin.

Remarques. — Cette espèce, beaucoup plus étroite que la précédente, est un peu plus large que le *E. nitida*, Lamk. sp. (*Melania*) (voir Deshayes, 1824, t. II, p. 110, pl. XIII, fig. 10-13, et 1866, t. II, p. 537), et a, par conséquent, l'angle apicial plus ouvert. De plus, ses tours sont un peu arrondis et ses sutures mieux marquées.

Fig. 12*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie six fois.
— 12*b*, vue par-dessus, grossie six fois.
— 12*c*, grandeur naturelle.

Eulima lata, *Nov. sp.*

Pl. VII, fig. 10*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,006	—100
	Largeur —	0,00275	— 46
	Hauteur du dernier tour	0,003	— 50
	Angle apicial	57°	

Coquille conique, proportionnellement assez large pour sa longueur, entièrement lisse, unie et brillante, très-mince et très-fragile, composée de quatre ou cinq tours peu arrondis, s'enroulant sous un angle un peu convexe, séparés par des sutures linéaires un peu irrégulières se faisant par la juxtaposition du bord droit sur le tour précédent. Base arrondie,

un peu carénée à la circonférence; ouverture oblique, grande, occupant la moitié de la longueur de la coquille, assez large, aiguë à la partie postérieure; bord droit arqué, mince et tranchant, rentrant un peu dans l'ouverture à la partie postérieure et produisant une légère dépression qui borde la suture aux derniers tours et ne va pas jusqu'au sommet; bord antérieur arrondi, saillant; bord columellaire arqué au milieu.

Rem. — Cette espèce est remarquable par sa grande largeur proportionnelle et son angle apicial très-ouvert; c'est ce qui la distingue de tous ses congénères du bassin de Paris, et des deux espèces que nous venons de décrire.

Fig. 10*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie six fois.
— 10*b*, vue par-dessus, grossie six fois.
— 10*c*, grandeur naturelle.

Eulima dubia, *Nov. sp.*

Pl. VII, fig. 11*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,0025	—100
	Largeur —	0,00125	— 50
	Hauteur du dernier tour	0,0012	— 48
	Angle apicial		40°

Très-petite coquille d'une largeur proportionnelle assez grande, composée de cinq tours s'enroulant sous un angle très-ouvert, assez larges, arrondis, séparés par des sutures profondes; ces tours sont lisses et brillants, sans ornements, le dernier très-développé. Ouverture assez grande, ovale, un peu oblique; le bord droit largement arqué dans toute son étendue regagnant le tour précédent sous un angle assez grand, arrondi; le bord columellaire également arqué, un peu infléchi à la base de la columelle; le bord antérieur saillant, arrondi.

Remarques. — Cette petite espèce diffère des deux précédentes par sa plus grande largeur proportionnelle et par ses sutures enfoncées et qui ne se font pas, comme chez la plupart de ses congénères, par la juxtaposition du bord droit sur le tour précédent. Cette différence dans la suture semble l'écarter un peu des *Eulima* et la rapprocher du genre *Auriculina*, Gray, 1847, lequel est comme une transition entre le genre *Eulima* et le genre *Turbonilla* ou *Odostomia*.

Fig. 11*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie six fois.
— 11*b*, vue par-dessus, grossie six fois.
— 11*c*, grandeur naturelle.

Famille : CERITHIDES.

La famille des *Cerithiadae* de Woodwards n'est pas heureuse, et tous les genres qui la composent n'ont pas tous des rapports naturels assez marqués pour se trouver ainsi réunis. Mais comme les deux genres qui se sont trouvés représentés dans le calcaire grossier de Mons sont, pour ainsi dire, les seuls qui devraient y rester, il n'y a pas lieu de la discuter davantage ici.

Genre **CERITHIUM**, Bruguières, 1789.

Coquille conique, allongée, turriculée, à tours nombreux; ouverture petite, oblique, terminée en avant par un canal court, recourbé, et en arrière par une gouttière plus ou moins marquée; opercule corné, ovale ou semi-circulaire, paucispiré.

Rem. — Le genre *Cerithium*, ainsi que nous le verrons plus loin, présente des espèces tellement nombreuses, tant vivantes que fossiles, que, depuis longtemps, les auteurs ont reconnu le grand avantage que la science retirerait de sa subdivision. Les diverses tentatives qui ont été faites dans ce sens sont loin d'avoir eu le succès désirable, et l'on reconnaît généralement que, au point de vue anatomique, il est impossible d'arriver à un bon résultat. On doit donc se contenter de coupes artificielles, lesquelles, de leur côté, sont également très-difficiles à établir. Nous nous sommes décidés à admettre le genre *Potamides*, Brong., pour des raisons que nous détaillerons plus loin, et cela, malgré l'opinion presque générale des auteurs. En dehors de cette subdivision, nous n'avons rien pu faire pour nos coquilles de Mons : nous avons même renoncé à établir, à l'exemple de Deshayes, des sections basées sur la forme des ornements.

Le genre ne paraît pas avoir existé dans la période primaire, à moins d'accepter le *C. parvulum* de M. de Koninck, ce que ne font pas la plupart des auteurs. Nous ignorons si notre savant collègue maintient sa première détermination. Mais des cérites incontestables se sont montrés dès les commencements de la période secondaire (schistes de Saint-Cassian, étage salife-

rien de d'Orbigny). Depuis lors, les espèces deviennent de plus en plus nombreuses, mais elles se développent surtout pendant l'époque tertiaire. On les rencontre, dans la plupart des bassins de cette époque, en quantités immenses, et c'est véritablement le fossile caractéristique de cette période pour le bassin de Paris. Deshayes seul en a décrit 236 espèces. Les étages tertiaires des autres contrées ne sont guère, sous ce rapport, aussi bien partagés, et M. Nyst (*Desc. des coq. et polyp. foss. de la Belgique*, p. 534) était sans doute loin de s'attendre à la découverte du calcaire grossier de Mons quand il disait : « Les recherches faites en Belgique ne nous en ont fait » découvrir qu'un bien petit nombre (de *Cerithium*) qui, pensons-nous, ne » subira à l'avenir qu'une bien légère augmentation. » Nous y avons en effet rencontré trente-cinq espèces, dont trois déjà décrites sont connues depuis longtemps dans les terrains tertiaires de France et d'Angleterre. Ce grand nombre d'espèces d'un genre si peu nombreux jusqu'à présent dans notre pays donne un aspect tout particulier à la faune du calcaire grossier de Mons, la sépare d'une manière bien tranchée de celles de nos autres bassins, tandis qu'il la rapproche de celles du bassin de Paris.

Cerithium biseriale, Desh.

Pl. VIII, fig. 1*a*, *b*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,038—100
	Largeur	0,015— 39
	Hauteur de l'ouverture	0,013— 34
	Angle apical	27° à 29°

Synonymie : **Cerithium biseriale**, Desh., 1824, *Desc. des coq. foss. des env. de Paris*, t. II, p. 351, pl. XLIII, fig. 19 et 20, et pl. LII, fig. 6 et 7.
— — Bronn, 1848, *Ind. pal.*, p. 264.
— — d'Orb., 1852, *Prodrome*, t. II, 24me étage, p. 318, n° 387.
— — Desh., 1864, *Desc. des anim. sans vert. des env. de Paris*, t. III, p. 189.
— — Watelet, 1870, *Cat. des moll. des sab. inf.*, p. 12.

Coquille assez grande, conique, turriculée, à tours nombreux s'enroulant sous un angle régulier et séparés par des sutures profondes. L'extérieur des tours est orné de sept à dix côtes transverses, saillantes, arrondies, assez régulières, ne se prolongeant pas sur la base, traversées et rendues tubercules par trois cordonnets longitudinaux, à peu près également espacés, le plus fort au milieu, celui d'en avant beaucoup moindre, quelquefois

à peu près effacé, et le postérieur à peu près de la même saillie que le médian, surplombant quelquefois sa suture. La base est arrondie et porte à sa circonférence deux autres cordonnets longitudinaux, continus, plus forts que ceux de l'extérieur des tours et sensiblement de même écartement; le postérieur, souvent caché par le retour de la spire, se montre à découvert chez certains individus et se dessine tout le long de la suture; quelques filets, également longitudinaux, mais beaucoup plus petits, se montrent parfois à l'extérieur du canal. Entre ces ornements on remarque de fines stries de croissance irrégulières, recoupées par de très-petits filets longitudinaux souvent fort réguliers. L'ouverture est assez grande, arrondie, oblique, terminée en avant par un canal court, ouvert, un peu oblique, et en arrière par un sinus peu accusé.

Remarques. — Les côtes transverses se rapportent quelquefois assez bien d'un tour à l'autre, mais généralement, elles deviennent plus nombreuses à mesure que les tours grandissent : ainsi, près du sommet elles sont au nombre de sept et même de six et elles atteignent le nombre de neuf et même de dix aux derniers tours chez les individus de grande taille. Quant aux ornements longitudinaux, ils sont surtout bien dessinés chez les plus jeunes individus, où les deux cordonnets de la base, surtout l'antérieur, atteignent parfois une saillie remarquable.

Nous possédons de Cuise-la-Motte un assez grand nombre de spécimens de cette espèce. Malgré l'examen le plus minutieux auquel nous nous sommes livrés à plusieurs reprises, nous n'avons pu constater aucune différence bien persistante entre ces spécimens et ceux du calcaire grossier de Mons. On peut tout au plus reconnaître à ces derniers, mieux conservés généralement, un peu plus de saillie aux ornements ; mais Deshayes nous donne lui-même l'explication de ce fait (1864, t. III, p. 189). « Cette espèce..... ayant » toujours, dit-il, la surface corrodée ou roulée, à ce point que, jusqu'ici, » malgré le nombre considérable d'échantillons que nous avons examinés, » nous n'en possédons pas un seul d'intact; quelques-uns, cependant, ont » l'ouverture entière, mais leur surface, et le sommet surtout, sont altérés. » Plus heureux que l'illustre paléontologiste, nous avons recueilli à Cuise-la-Motte quelques spécimens du jeune âge de cette espèce qui ont conservé intacts les ornements du sommet, ce qui nous a permis de constater que, aussi bien que ceux de l'âge adulte, ces ornements ne peuvent se distinguer de ceux d'individus du même âge du calcaire grossier de Mons.

Cette espèce ne se rencontre, dans le bassin de Paris, que dans l'étage des sables inférieurs. Elle est surtout fort abondante à Cuise-la-Motte, bien que Melleville ne la signale pas. C'est la première fois que nous avons à décrire une espèce de Mons connue dans le bassin de Paris, mais ne remontant pas jusque dans l'étage du calcaire grossier. Nous devons dire, cependant, que certaines espèces de cet étage lui sont très-voisines, et que de nouvelles études sur de nombreux échantillons feraient probablement reconnaître des passages d'une espèce à l'autre et provoqueraient des identifications. Nous citerons, comme étant dans ce cas, le *C. echidnoides*, Lamk.

Cette espèce est très-abondante dans le calcaire grossier de Mons, mais elle s'y trouve rarement complète : dans le plus grand nombre des spécimens le bord droit est enlevé. Elle atteint parfois une taille un peu plus grande que celle du spécimen que nous avons dessiné et dont nous avons relevé les dimensions.

Fig. 1*a*, vue du côté de l'ouverture.
— 1*b*, vue par-dessus.

Cerithium Dejaeri, *Nov. sp.*

Pl. VIII, fig. 2*a*, *b*.

Dimensions :	Longueur de la coquille.	0,050 —100
	Largeur —	0,0155— 31
	Hauteur du dernier tour . .	0,014 — 28
	Angle apicial	25° à 30°

Coquille assez grande, conique, allongée, à spire pointue, composée de quinze tours arrondis, s'enroulant sous un angle régulier près du sommet, mais devenant convexe en approchant de l'ouverture. L'extérieur des tours est orné de côtes transverses au nombre de dix à quatorze, arrondies, inégales, assez régulières et assez régulièrement espacées, presque droites et parallèles aux stries de croissance, plus fortes au milieu du tour, se prolongeant entre les deux sutures qu'elles rendent onduleuses, mais ne se prolongeant pas sur la base, à l'exception d'une seule du dernier tour plus forte que les précédentes, variqueuse, opposée à l'ouverture, qui se prolonge jusqu'à l'origine du canal; ces côtes correspondent parfois assez bien d'un tour à l'autre, surtout vers le sommet où elles sont plus nombreuses; toutes ces côtes ainsi que la base sont traversées par des bandelettes longitudinales, assez fines et saillantes, dont six restent à découvert et six sont cachées par le retour de la spire; toutes sont sinueuses, irrégulières et acquièrent un peu plus de

saillie en traversant les côtes ; les intervalles qui les séparent sont occupés par des filets longitudinaux très-fins recoupés par des stries de croissance peu sinueuses. Ouverture petite proportionnellement à la taille de la coquille, oblique, terminée en avant par un canal court presque droit, et en arrière par une gouttière étroite et bien marquée.

Remarques. — Contrairement à ce que nous avons observé pour l'espèce précédente (*C. biseriale*, Desh.), les côtes transverses sont plus nombreuses vers le sommet de la spire que vers la base.

Cette espèce est très-voisine du *C. Defrancii* (Desh., 1824, *Coq. foss. des environs de Paris*, t. II, p. 375, pl. LVII, fig. 5-6, et 1864, *Anim. sans vert.*, t. III, p. 145). Ce n'est pas dans la description qu'il faut chercher des différences, on risquerait de les identifier. Mais si l'on consulte les figures, on s'aperçoit que ce sont bien deux coquilles distinctes : les côtes transverses de l'espèce du bassin de Paris sont plus obtuses, moins saillantes, moins droites, et laissent entre elles de moins grands intervalles.

Brongniart décrit, du Vicentin, le *C. multisulcatum*, Alex. Brong., qui se rapproche assez de notre espèce, en s'en rapportant également à la description; mais la figure n'indique pas autant de filets longitudinaux et les côtes transverses sont beaucoup plus fortes, laissant entre elles moins d'intervalle.

Nous dédions cette espèce à notre excellent ami M. Ernest Dejaer, ingénieur au corps des mines à Mons, à l'obligeance de qui nous devons le spécimen que nous avons dessiné.

Fig. 2*a*, vue du côté de l'ouverture.
— 2*b*, vue par-dessus.

Cerithium Koeneni, *Nov. sp.*

Pl. VIII, fig. 3*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,013	—100
	Largeur —	0,0045	— 35
	Hauteur du dernier tour	0,0035?	— 27
	Angle apicial près du sommet	30°	

Coquille conique, allongée, composée de douze tours arrondis, s'enroulant souvent sous un angle convexe, séparés par des sutures profondes, bien marquées. Ces tours sont ornés de grosses côtes transverses, au nombre de dix à quatorze pour une révolution de la spire, un peu plus saillantes au milieu du tour et finissant avant d'atteindre les sutures ; plusieurs de ces

côtes s'élargissent, deviennent variqueuses et correspondent à de légers renflements dentelés à l'intérieur. Ces côtes sont recoupées par huit filets longitudinaux dont quatre assez forts, les autres, intercalés entre les premiers, un peu plus petits, l'antérieur recevant le retour de la spire; tous ces filets acquièrent plus de saillie sur les côtes transverses, et y produisent comme des granulations fort allongées; un autre filet simple se trouve sur la base un peu en avant du retour de la spire; d'autres filets longitudinaux, plus petits, continuent cette série d'ornements sur le restant de la base. Ouverture ovale; columelle tordue.

Remarques. — Cette espèce n'est pas très-rare dans le calcaire grossier de Mons. Elle ne peut être le jeune âge du *C. Dejaeri* (p. 27), dont les tours sont plus plats, les côtes transverses tout à fait différentes et les filets longitudinaux moins nombreux. Le *C. catalaunense*, Desh. (1864, *Anim. sans vert.*, t. III, p. 164, pl. LXXVIII, fig. 10-15. — *C. granulosum*, Mell., 1843, *Sabl. tert. inf.*, p. 61, pl. VII, fig. 27-29), espèce des sables inférieurs, lui est assez voisine, mais elle a les ornements transverses beaucoup plus nombreux et les filets longitudinaux plus compliqués.

Fig. 3*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie trois fois.
— 3*b*, vue par-dessus, grossie trois fois.
— 3*c*, grandeur naturelle.

CERITHIUM MULTIFILUM, *Nov. sp.*

Pl. VIII, fig. 4*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,025—100
	Largeur —	0,008— 32
	Hauteur du dernier tour	0,007— 28
	Angle apical près du sommet	30°

Coquille conique, allongée, à spire pointue, composée de dix à douze tours un peu convexes, séparés par des sutures bien marquées, s'enroulant sous un angle convexe. Ces tours sont ornés de côtes transverses presque droites, au nombre de douze à quatorze pour une révolution de la spire au dernier tour, mais augmentant progressivement en nombre à mesure que l'on s'approche du sommet où elles sont au nombre de vingt à vingt-cinq. Ces côtes sont bien marquées dans les premiers tours où elles vont d'une suture à l'autre, mais en approchant de la base, elles perdent de leur saillie, principalement à la partie antérieure des tours, et au dernier tour, elles ne se montrent plus guère qu'au voisinage de la suture postérieure; deux des côtes du dernier tour deviennent variqueuses, sont beaucoup plus épaisses que les autres, et la plus antérieure se prolonge sur toute la

base jusqu'au canal. Toutes ces côtes sont traversées par de nombreux filets à peu près égaux, dont sept restent à découvert par le retour de la spire; les postérieurs plus saillants rendent souvent les côtes transverses tuberculeuses près de la suture; d'autres filets, également longitudinaux, se voient aussi sur la base, mais ils y sont moins saillants; entre ces filets s'en trouvent d'autres plus petits. La base est arrondie, saillante; l'ouverture est ovale, oblique, terminée en avant par un canal court, et en arrière par une petite gouttière; columelle tordue, revêtue d'un bord gauche assez mince.

Remarques. — Nous avons cru pouvoir faire de cette coquille une espèce distincte du *C. Dejueri* (p. 27), avec lequel elle a de très-grands rapports. De taille beaucoup moindre, elle ne peut cependant passer pour le jeune âge de cette espèce dont les caractères sont assez différents de ceux de l'âge adulte et ne sont pas du tout les siens. Une seconde différence se remarque dans les filets longitudinaux beaucoup plus nombreux dans la présente espèce.

Une autre de nos espèces, le *C. Koeneni* (p. 28), s'en rapproche également beaucoup, mais outre la différence que l'on peut remarquer dans les filets longitudinaux, les côtes transverses sont plutôt moins nombreuses dans les premiers tours; c'est le contraire qui a lieu dans celle-ci.

Fig. *4a*, vue du côté de l'ouverture, grossie une fois et demie.
— *4b*, vue par-dessus, grossie une fois et demie.
— *4c*, grandeur naturelle.

Cerithium planovaricosum, *Nov. sp.*

Pl. VIII, fig. 5*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille.	0,014	— 100
	Largeur —	0,0055	— 39
	Hauteur du dernier tour	0,005	— 36
	Angle apicial	28° à 30°	

Coquille assez petite, conique, formée de huit tours un peu convexes s'enroulant régulièrement, séparés par des sutures bien marquées. Ces tours sont ornés à l'extérieur de douze à seize côtes transverses, droites ou arquées, assez fortes, dont une ou deux par tour de spire s'élargissent et s'allongent en renflements variqueux ne correspondant pas d'un tour à l'autre et que l'on peut reconnaître sur tous les tours depuis l'ouverture jusqu'au sommet de la spire; toutes ces côtes sont traversées par six bandelettes longitudinales qui y produisent des saillies assez fortes, excepté sur les côtes variqueuses où elles

semblent, au contraire, s'effacer; c'est sur la sixième bandelette longitudinale que se fait le retour de la spire; d'autres filets plus petits se trouvent entre ces bandelettes. La base est arrondie, à peu près lisse ou marquée de fines stries longitudinales. L'ouverture est arrondie, un peu ovale, terminée en avant par un canal court, peu courbé, et en arrière par une gouttière étroite et bien marquée; bord gauche très-mince ou nul.

Remarques. — Cette espèce est assez commune dans le calcaire grossier de Mons. Elle a beaucoup de ressemblance avec les jeunes individus du *C. Dejaeri* (p. 27), mais on la distingue aisément par ses côtes variqueuses que l'on peut observer sur toute la longueur de la coquille, et par sa base beaucoup moins ornée.

Fig. 5*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois et demie.
— 5*b*, vue par-dessus, grossie deux fois et demie.
— 5*c*, grandeur naturelle.

Cerithium ovalituberosum, *Nov. sp.*

Pl. VIII, fig. 6*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille.	0,016	—100
	Largeur —	0,0055	— 31
	Hauteur du dernier tour	0,0055	— 31
	Angle apicial près du sommet.	29°	

Coquille petite, turriculée, à sommet assez aigu, composée de onze tours plats s'enroulant sous un angle convexe, séparés par des sutures très-bien marquées, le tour antérieur débordant notablement le tour postérieur. Ces tours sont ornés de côtes transverses, arrondies séparées par des sillons profonds, très-saillantes à sa suture, plus faibles à la partie antérieure des tours, au nombre de dix à quatorze pour une révolution de la spire, devenant plus nombreuses en approchant de l'ouverture; ces côtes sont traversées par quatre bandelettes longitudinales, arrondies, proportionnellement plus saillantes vers le sommet, séparées l'une de l'autre par de très-petits filets acquérant également plus de saillie en traversant les côtes; les ornements de la base sont tout à fait différents de ceux de l'extérieur des tours : ils se composent de cinq cordons longitudinaux, ornés de granulations irrégulières correspondant aux saillies des côtes transverses, le médian plus fort que les autres, les quatre autres à peu près égaux; ils sont séparés par des sillons profonds, arrondis, le plus large immédiatement en arrière du cordon médian; le retour de la spire se fait sur le cordon postérieur, qui reste un peu à découvert et forme comme un petit bourrelet le long de la suture; ces cordons occupent environ les deux tiers de la base; le restant jusqu'au canal est orné de quelques minces filets également longitudinaux. Ouverture arrondie, ter-

minée en avant par un canal assez court, un peu oblique, et en arrière par une gouttière bien marquée; columelle arquée, revêtue d'un bord gauche et d'une assez forte callosité postérieure.

Remarques. — Cette espèce est très-rare; nous n'en avons trouvé qu'un seul spécimen. L'ornementation de l'extérieur des tours, tout à fait différente de celle de la base, en constitue le caractère distinctif. Le *C. corrugatus*, Brong. (1823, *Foss. du Vicentin*, p. 10, pl. III, fig. 25) a l'extérieur des tours orné de la même manière, mais la base est beaucoup moins allongée et les sillons que l'on y remarque moins prononcés, ce qui donne à la coquille un facies tout différent.

Fig. 6*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 6*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 6*c*, grandeur naturelle.

CERITHIUM REGULARICOSTATUM, *Nov. sp.*

Pl. VIII, fig. 8*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :		
	Longueur de la coquille	0,0165 — 100
	Largeur —	0,004 — 24
	Hauteur du dernier tour	0,004? — 24
	Angle apicial	12° à 15°

Coquille assez petite, régulièrement conique, très-allongée, très-pointue, à tours nombreux assez larges, un peu convexes, séparés par des sutures bien marquées, le tour postérieur débordant un peu le tour antérieur. Ces tours sont ornés de dix à quinze côtes transverses, arquées, saillantes, assez régulières, se prolongeant de la suture postérieure jusqu'à la carène de la base et n'allant pas au delà; des filets longitudinaux, au nombre de quatre ou cinq, recoupent tous ces ornements; la base est également ornée de mêmes filets, dont le plus saillant forme carène à la circonférence et reçoit le retour de la spire.

Remarques. — C'est tout ce que nous pouvons dire de cette coquille, assez commune dans le calcaire grossier de Mons, mais dont nous ne possédons pas d'exemplaire bien complet. Le dernier tour, en partie enlevé, ne nous a pas permis de décrire l'ouverture ni le canal antérieur. Nous avons même hésité quelque peu sur le genre de l'espèce : la régularité de ses ornements lui donne assez l'aspect d'une scalaire, mais la trace de la gouttière postérieure, conservée sur un de nos échantillons, a levé tous nos doutes.

Cette espèce se rapproche assez du *C. cylindraceum*, Desh. (1866, t. III, p. 208, pl. LXXVIII, fig. 18-20), qui a, cependant, les tours beaucoup plus étroits, le sommet plus obtus, et la base dépourvue d'ornements.

Fig. 8*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 8*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 8*c*, grandeur naturelle.

CERITHIUM SEXLINUM, *Nov. sp.*

Pl. IX, fig. 7*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,0105—	100
	Largeur —	0,004 —	28
	Hauteur du dernier tour	0,0025 —	24
	Angle apical		25°

Coquille assez petite, conique, turriculée, composée de huit à dix tours un peu arrondis, s'enroulant sous un angle légèrement convexe, séparés par des sutures assez profondes et bien marquées. Ces tours sont ornés de côtes transverses assez fortes, arrondies, presque droites, très-saillantes à la partie postérieure, au nombre de six à dix dans les premiers tours, mais devenant plus nombreuses et proportionnellement moins fortes au dernier; elles sont traversées et rendues granuleuses par quatre côtes longitudinales très-saillantes, à peu près égales et également espacées; une cinquième côte à la circonférence de la base reçoit le retour de la spire et reste apparente le long de la suture; une sixième, plus forte, simple comme la précédente et séparée d'elle par un plus large sillon, est entièrement cachée par le retour de la spire; le restant de la base, presque lisse, ne montre que des stries de croissance recoupées près du canal par quelques fins plis longitudinaux. Ouverture arrondie, terminée en avant par un canal ouvert et en arrière par une petite gouttière; columelle presque droite revêtue d'un bord gauche assez épais.

Remarques. — Cette espèce très-rare, que l'on pourrait facilement confondre avec le *C. ovalituberosum* (p. 31) s'en distingue par les ornements extérieurs totalement différents.

Fig. 7*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie trois fois.
— 7*b*, vue par-dessus, grossie trois fois.
— 7*c*, grandeur naturelle.

CERITHIUM VARIANS, *Nov. sp.*

Pl. IX, fig. 3*a*, *b*, *c*

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,011	—100
	Largeur —	0,005	— 45
	Hauteur du dernier tour	0,0045	— 36
	Angle apical près du sommet.	34° à 40°	

Coquille assez petite, conique, à spire pointue, composée de huit ou neuf tours s'enroulant sous un angle convexe, presque plats, surplombant la suture postérieure, ce qui rend celle-ci bien marquée. L'extérieur des tours est orné de quinze à vingt côtes transverses un peu arquées, parallèles aux stries d'accroissement, rendues plus saillantes par le passage de quatre cordonnets assez forts qui y produisent des granules, le cordonnet postérieur plus fort que les autres. La base est plane et porte à sa circonférence deux cordonnets longitudinaux simples, un peu plus forts que ceux de l'extérieur des tours, le postérieur recevant le retour de la spire; deux ou trois autres filets plus faibles se trouvent entre ces derniers et le canal. Ouverture droite, subquadrangulaire, terminée en avant par un canal court, ouvert, recourbé, et en arrière par une petite gouttière bien marquée; columelle droite, un peu plissée, non calleuse.

Remarques. — L'angle apical, et par conséquent les dimensions proportionnelles de cette espèce sont assez variables. Celles que nous donnons se rapportent à l'angle de 40°, angle qui diminue en approchant de l'ouverture.

Le *C. ventricosum*, Desh. (1824, t. II, p. 423, pl. LVIII, fig. 27-30), dont d'Orbigny a fait le *C. pseudoventricosum*, est de même taille et de mêmes proportions que l'espèce de Mons; les ornements extérieurs sont aussi à peu près les mêmes. Il n'y a que sa base plus arrondie et plus ornée, son sommet plus obtus et sa columelle simple et sans plis qui puissent l'en distinguer. Le *C. pseudoventricosum* est des sables inférieurs.

Notre espèce est très-abondante dans le calcaire grossier de Mons.

FIG. 3*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie trois fois.
— 3*b*, vue par-dessus, grossie trois fois.
— 3*c*, grandeur naturelle.

Cerithium Malaisei, *Nov*, *sp*

Pl. IX, fig. 2*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille.	0,029?—100
	Largeur —	0,008 — 28
	Hauteur du dernier tour	0,007 — 24
	Angle apicial	16° à 17°

Coquille conique à tours nombreux, assez larges et assez convexes, surtout à la partie antérieure, séparés par des sutures bien marquées. Ces tours sont ornés d'une vingtaine de côtes transverses irrégulières, un peu arquées, commençant à la suture postérieure et finissant pour la plupart avant d'atteindre la suture antérieure; ces côtes sont traversées et rendues granuleuses par sept filets longitudinaux, le postérieur plus fort, produisant le long de la suture une espèce de bourrelet séparé du restant du tour par une légère inflexion; l'antérieur de ces filets reçoit le retour de la spire; d'autres filets plus petits se trouvent dans les intervalles qui séparent les premiers. Base arrondie portant les mêmes ornements longitudinaux que l'extérieur des tours, mais non granuleux. Un fort renflement variqueux ne correspondant à aucun renflement intérieur se montre à l'opposé de l'ouverture et se prolonge depuis la suture jusqu'au canal.

Remarques. — L'état imparfait de notre coquille nous empêche d'en donner une description plus complète. L'ouverture devait être ovale, oblique, et elle possédait un bord gauche assez épais, recouvrant toute la columelle, se relevant un peu à la partie postérieure où il dessinait une goutlière bien marquée.

Notre *C. planovaricosum*, (p. 30) a l'angle apicial beaucoup plus ouvert, ce qui empêche de le confondre avec cette espèce. Quelques espèces du bassin de Paris en sont également très-voisines. Nous citerons le *C. interruptum*, Lamarck (Deshayes, 1824, t. II, p. 417, pl. XLV, fig. 1 et 2, et 1864, t. III, p. 183), dont les tours sont plus arrondis et l'angle apicial également plus ouvert; et le *C. grignonense*, Desh. (1864, t. III, p. 212, pl. LXXVII, fig. 5-7), dont, au contraire, les tours sont plus plats et l'angle apicial plus fermé.

Fig. 2*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 2*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 2*c*, grandeur naturelle.

Cerithium Pauli, *Nov. sp.*

Pl. IX, fig. 1*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille.	0,0195—100
	Largeur —	0,0085— 44
	Hauteur du dernier tour	0,007 — 36
	Angle apical	25° à 30°

Coquille conique, assez irrégulière, composée de neuf ou dix tours un peu arrondis, assez larges, séparés par des sutures assez profondes, irrégulières, s'enroulant sous un angle convexe. L'extérieur des tours est orné de trois bandelettes longitudinales portant des granulations irrégulières, rondes, ovales ou fortement allongées; une quatrième bandelette plus simple, ou à granulations presque contiguës, se trouve à la circonférence de la base et reçoit le retour de la spire en restant plus ou moins apparente le long de la suture; trois autres bandelettes semblables à cette dernière occupent le restant de la base, la médiane plus forte; l'intervalle entre les deux bandelettes postérieures assez large est occupé par cinq filets également longitudinaux, les autres intervalles plus petits ne montrent que trois filets, et, quel que soit le nombre de ces filets, celui du milieu est toujours plus fort et souvent granuleux. Des varices transverses fort irrégulières, plus ou moins fortes, plus ou moins allongées, au nombre de trois à six pour une révolution de la spire, recoupent tous ces ornements, les plus fortes correspondant, à l'intérieur des tours, à des bourrelets portant deux dents allongées; le restant de la surface est plissé irrégulièrement et comme chiffonné. Ouverture arrondie, terminée en avant par un canal court et en arrière par une gouttière assez bien marquée.

Rem. — Cette espèce n'est pas très-rare dans le calcaire grossier de Mons. Nous devons la comparer à deux espèces du bassin de Paris, l'une de l'étage des sables inférieurs, l'autre de celui des sables de Fontainebleau.

La première de ces espèces est le *C. tenuistriatum,* Mellev, dont nous avons déjà parlé à propos d'une autre de nos espèces, et qui présente une variété donnée par Deshayes en 1864 (var. *quadrisulcata,* t. III, p. 168, pl. LXXVIII, fig. 34), dont les proportions, la forme et les ornements des tours, à en juger d'après la figure, sont à peu près les mêmes que dans l'espèce de Mons. Nous ne pouvons constater de différence bien sensible que dans certaines particularités de l'ouverture, entre autres le canal antérieur qui paraît moins allongé dans notre espèce, et la présence de bourrelets intérieurs dentelés qui semblent ne pas exister dans l'espèce française. Cette variété de Deshayes devrait peut-être constituer une espèce distincte.

La seconde espèce est le *C. intradentatum*, Defr. sp. (Deshayes, 1824, t. II, p. 363, pl. LIV, fig. 22-24), que nous avons pu étudier sur d'assez nombreux échantillons provenant de diverses localités du bassin de Paris. Cette espèce nous a causé quelque embarras, car ce n'est pas à la première vue, ni à l'œil nu, que les différences avec la nôtre peuvent s'apercevoir. Ces différences sont, en effet, bien faibles : elles consistent en ce que les granulations sont plus arrondies et plus saillantes, et que les filets occupant les intervalles entre les bandelettes granuleuses sont un peu plus nombreux.

Fig. 1*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 1*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 1*c*, grandeur naturelle.

Cerithium triangulum, *Nov. sp.*

Pl. VIII, fig. 7*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,0135—100
	Largeur —	0,0065— 48
	Hauteur du dernier tour	0,005 — 38
	Angle apicial	30° à 31°

Coquille assez petite, composée de huit tours peu convexes, s'enroulant régulièrement, séparés par des sutures peu profondes. Ces tours sont ornés, à l'extérieur, de quatre cordonnets longitudinaux portant des granulations irrégulières et irrégulièrement disposées, le postérieur presque à la suture, assez écarté du second, les deux autres intervalles moindres, à peu près égaux; entre ces cordonnets se trouvent des filets très-petits, également longitudinaux, mais non granuleux; le retour de la spire se fait sur le cordonnet antérieur qui se trouve à la circonférence de la base et qui reste un peu à découvert; sur la base se trouvent deux autres cordonnets simples, moins forts que ceux de l'extérieur des tours; des côtes variqueuses transverses, presque droites, au nombre de trois pour une révolution de la spire, et correspondant d'un tour à l'autre, donnent à la coquille l'aspect d'une pyramide à base triangulaire et à faces arrondies. Ces côtes variqueuses correspondent, à l'intérieur des tours, à de légers bourrelets portant deux dents, l'antérieure saillante, à la circonférence de la base, la seconde plus faible, quelque peu en arrière. La base était un peu arrondie; l'ouverture ronde; columelle assez forte portant un léger pli qui dessine un canal antérieur.

Remarques. — Cette espèce est très-rare; nous n'en possédons qu'un spécimen assez incomplet, ce qui rend notre description un peu imparfaite. Sa

forme subpyramidale, les dents qui se trouvent sur les renflements intérieurs, et même, jusqu'à un certain point, les ornements extérieurs, la rapprochent du *C. intradentatum*, Defr. sp. (*C. dentatum*, Defr. non Brug. et *C. intradentatum*, Desh., 1824, t. II, p. 363, pl. LIV, fig. 22-24, et 1864, t. III, p. 167). Mais celle-ci est beaucoup plus allongée et a sa base plus arrondie. C'est, du reste, une espèce de l'étage des sables de Fontainebleau.

Fig. 7*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 7*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 7*c*, grandeur naturelle.

Cerithium Luciani, *Nov. sp.*

Pl. VIII, fig. 10*a*, *b*, *c*.

Dimensions	Longueur de la coquille.	0,004 — 100
	Largeur —	0,0015 — 38
	Hauteur du dernier tour	0,001 — 25
	Angle apical	16° à 20°

Coquille petite, conique, brillante, composée de huit tours arrondis, séparés par des sutures profondes, s'enroulant régulièrement. Ces tours sont ornés de dix à douze côtes transverses presque droites, très-saillantes au milieu, mais diminuant rapidement vers les deux sutures, plus prononcées vers le sommet qu'aux derniers tours; ces côtes transverses sont recoupées et rendues granuleuses par deux côtes longitudinales. La base est un peu arrondie, lisse et sans ornements, terminée à la circonférence par une carène sur laquelle se fait le retour de la spire; ouverture arrondie terminée en arrière par une gouttière fort obtuse.

Remarques. — Cette espèce est très-rare. Le canal antérieur ne nous est pas connu, à cause de l'état incomplet de nos spécimens. L'espèce est assez variable quant à la largeur des tours, qui est quelquefois beaucoup moindre que chez l'individu que nous avons reproduit. Le nombre des côtes transverses peut parfois s'élever jusqu'à dix-huit.

Une petite coquille du calcaire grossier de Paris, le *C. minuatum*, Desh. (1864, *Anim. sans vert.*, t. III, p. 202, pl. LXXV, fig. 3, 4), a les ornements presque identiques avec ceux de l'espèce de Mons, mais son angle apical et, par conséquent, sa largeur proportionnelle sont beaucoup moindres.

Fig. 10*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie six fois.
— 10*b*, vue par-dessus, grossie six fois.
— 10*c*, grandeur naturelle.

CERITHIUM LARTETI, *Nov. Sp.*

Pl. VIII, fig. 9*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,004	—100
	Largeur —	0,00225	— 56
	Hauteur du dernier tour	0,0015	— 38
	Angle apicial.	55° à 45°	

Coquille très-petite, assez courte, composée de sept à dix tours arrondis, s'enroulant régulièrement sous un angle plus ou moins ouvert en une spire pointue, séparés par des sutures profondes, bien marquées. Ces tours sont ornés de côtes transverses au nombre de seize à vingt pour une révolution de la spire, séparées par des sillons profonds, recoupées et rendues tuberculeuses par quatre filets longitudinaux, les deux antérieurs plus forts que les deux autres. Deux autres filets simples se voient à la circonférence de la base, séparés par un sillon dans lequel se fait le retour de la spire en laissant le filet postérieur à découvert le long de la suture. La base est assez plane, ornée seulement de lignes de croissance; ouverture arrondie.

Remarques. — Cette espèce est assez rare. Le canal et le bord droit étant enlevés des spécimens que nous possédons, nous ne pouvons en donner une description plus complète. Les dimensions proportionnelles sont très-variables ainsi que les angles apiciaux, tellement que nous en avions d'abord fait deux espèces distinctes, mais nous n'avons pu y découvrir aucune autre différence. Nos dessins représentent la coquille la plus large.

Le *C. inopinatum*, Desh. (*Anim. sans vert.*, 1864, t. III, p. 191, pl. LXXXII, fig. 32), de l'étage des lignites, ressemble un peu à l'espèce de Mons; mais elle est d'une taille beaucoup plus grande, et ses ornements transverses sont beaucoup plus forts.

Nous dédions cette espèce à M. L. Lartet.

FIG. 9*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie cinq fois.
— 9*b*, vue par-dessus, grossie cinq fois.
— 9*c*, grandeur naturelle.

CERITHIUM DUPONTI, *Nov. sp.*

Pl. VI, fig. 15*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,014 — 100
	Largeur —	0,006 — 43
	Angle apicial.	30°

Coquille conique, régulière, composée de dix tours presque plats, s'enroulant sous un angle régulier, séparés par des sutures profondes et bien marquées, le tour antérieur débordant un peu le tour postérieur. Ces tours sont ornés de fines côtes transverses un peu arquées, assez saillantes et peu nombreuses près du sommet où elles sont proportionnellement assez fortes, mais se rapprochant et diminuant peu à peu de grosseur dans les derniers tours où elles sont très-nombreuses et où elles tendent même à ne conserver que l'aspect de stries de croissance; ces côtes sont traversées et rendues granuleuses par de très-minces filets longitudinaux, le postérieur plus saillant dessinant comme un léger bourrelet le long de la suture, en arrière d'une faible dépression; les autres diminuant progressivement en avançant vers la partie antérieure. La base est arrondie, les côtes transverses s'arrêtent à la circonférence; les filets longitudinaux continuent à s'affaiblir jusque vers le milieu où ils s'effacent pour reparaître un peu au delà jusqu'au canal. Une protubérance variqueuse assez légère se trouve à l'opposé de l'ouverture, et correspond, à l'intérieur, à un bourrelet également très-léger et non dentelé. L'ouverture devait être ovale, assez grande, un peu inclinée; la columelle portait deux plis obliques assez faibles.

Remarques. — L'état incomplet de la coquille ne nous permet pas de nous étendre davantage sur les autres particularités de l'ouverture: nous ne pouvons donner la forme du canal, mais nous pouvons dire qu'il n'y avait pas de gouttière postérieure, pas plus que de bord gauche sur la columelle. D'après d'autres spécimens plus imparfaits encore que celui que nous avons dessiné, les dimensions de la coquille de l'âge adulte devaient dépasser celles que nous avons indiquées en tête de notre description, et qui, par conséquent, n'appartiendraient, comme certaines autres particularités, qu'au jeune âge de l'espèce.

Cette espèce est très-rare. Les ornements des premiers tours du *C. Striatum*, Brug., que nous décrirons plus loin, se rapprochent beaucoup des siens. Elle pourrait, par conséquent, en être le jeune âge; mais son test beaucoup moins épais, son angle apicial plus ouvert et sa columelle plissée en font une espèce distincte.

Nous dédions cette espèce à notre excellent ami M. Dupont, le savant directeur du Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles.

Fig. 15*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 15*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 15*c*, grandeur naturelle.

CERITHIUM GRANISUTURATUM, *Nov. sp.*

Pl. VII, fig. 15*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille.	0,014	—100
	Largeur —	0,0055	— 39
	Hauteur du dernier tour	0,005	— 36
	Angle apicial	28°	

Coquille assez petite, conique, à spire pointue, composée de onze tours, s'enroulant sous un angle un peu convexe aux derniers tours, ornés de stries longitudinales nombreuses, inégales, quelquefois un peu ondulées ou chargées de très-légères granulations assez nombreuses sur les premiers tours, mais devenant plus rares et moins marquées à mesure que l'on approche du dernier, lequel en est entièrement dépourvu; une légère inflexion se remarque à la partie postérieure des tours, en arrière de laquelle se trouve une côte saillante ornée de granulations assez fortes, fort régulières, au nombre de quatorze environ par tour de spire, régulièrement espacées, longeant la suture qu'elles marquent parfaitement; base arrondie, ornée également de stries longitudinales; une protubérance variqueuse existe au dernier tour à l'opposé de l'ouverture. Ouverture assez grande, arrondie, terminée en avant par un canal court, recourbé quoique se maintenant dans l'axe de la coquille, et en arrière par une gouttière profonde et bien marquée; le bord gauche très-mince recouvrant toute la columelle.

Remarques. — Cette espèce rare offre, par l'élégance et la régularité de ses ornements, un facies tout à fait spécial. On ne peut guère la comparer qu'au *C. Wateleti*, Desh. (1864, *Anim. sans vert.*, p. 126, pl. LXXIV, fig. 40), de l'étage de lignites, espèce également très-rare, dont les tours sont plus cylindriques, les granulations de la suture plus fortes et plus serrées, et les ornements en général beaucoup moins réguliers; sa taille est plus que double de celle de la coquille de Mons.

Fig. 15*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 15*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 15*c*, grandeur naturelle.

CERITHIUM FRANCISCI. *Nov. sp.*

Pl. VIII, fig. 11*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,017?	— 100
	Largeur —	0,004	— 22
	Hauteur de l'ouverture	0,003	— 18
	Angle apicial		15°

Coquille petite, allongée, à spire pointue, à tours nombreux assez larges, arrondis, s'enroulant régulièrement, séparés par des sutures profondes. Ces tours sont ornés de nombreuses côtes transverses, saillantes, assez régulières et régulièrement espacées, un peu arquées, recoupées par quatre côtes longitudinales de même grosseur et de même écartement que les côtes transverses de manière à former un réticule parfois très-régulier; trois filets longitudinaux simples se trouvent à la circonférence de la base, le postérieur contre lequel s'arrêtent les côtes transverses reçoit le retour de la spire et reste un peu à découvert le long de la suture, les deux antérieurs beaucoup plus faibles. La base est arrondie, lisse, ne montrant que des stries d'accroissement; l'ouverture ovale, oblique, terminée en avant par un canal court et en arrière par une petite gouttière; la columelle est cylindrique, revêtue d'une légère callosité.

Remarques. — Cette espèce est très-rare. Très-voisine du *C. Cuisense*, Desh. (1864, *Anim. sans vert.*, t. III, p. 211, pl. LXXIX, fig. 12-14), par la nature de ses ornements, elle s'en distingue par ses tours plus larges et plus arrondis, et par sa columelle non plissée. Nous pouvons en dire autant du *C. accidens*, Desh. (même ouvrage, p. 209, pl. LXXIX, fig. 18-20) du même étage (sables inférieurs) et qui nous paraît être une variété de la même espèce.

FIG. 11*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie trois fois.
— 11*b*, vue par-dessus, grossie trois fois.
— 11*c*, grandeur naturelle.

CERITHIUM LEHARDYI, *Nov. sp.*

Pl. IX, fig. 5*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,0255	— 100
	Largeur —	0,008	— 31
	Hauteur du dernier tour	0,0045	— 18
	Angle apicial		20°

Très-jolie coquille, conique, allongée, à spire très-pointue, composée de seize à dix-huit tours assez étroits, s'enroulant sous un angle régulier, un peu arrondis vers la base, ce

qui rend la suture bien visible, mais presque plats en approchant du sommet où la suture est beaucoup plus difficile à distinguer. L'extérieur des tours est orné de quatre bandes longitudinales de granulations généralement assez régulières, presque égales entre elles et également espacées; dans les intervalles séparant ces bandes granuleuses, on voit de très-petits filets également longitudinaux simples ou sinueux, et à l'extérieur de la base trois autres filets un peu plus forts, sur lesquels se fait le retour de la spire. La base est à peu près plane, unie, brusquement limitée par une carène fort aiguë dans le jeune âge, mais s'arrondissant un peu par la suite. Ouverture subquadrangulaire, droite, terminée en avant par un canal tordu et recourbé en arrière; la columelle, très-courte, s'élève perpendiculairement d'une légère dépression occupant le milieu de la base.

Remarques. — Cette jolie espèce est très-voisine du *C. cinctum*, Desh. (1824, t. II, p. 388, pl. XLIX, fig. 12-14, et 1804, t. III, p. 178), mais elle s'en distingue facilement par ses quatre bandes granuleuses au lieu de trois et par sa columelle non plissée. D'un autre côté, sa base, à peu près plane, empêche de la confondre avec d'autres espèces également à côtes granuleuses, données par le même auteur dans son second ouvrage.

Nous dédions cette espèce à feu M. Lehardy de Beaulieu, ancien professeur de géologie à l'École des mines de Mons.

Fig. 5*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 5*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 5*c*, grandeur naturelle.

CERITHIUM MOURLONI, *Nov. sp.*

Pl. IX, fig. 4*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,008?	—100
	Largeur —	0,0025	— 31
	Hauteur de l'ouverture	0,0015	— 19
	Angle apicial	14° à 15°	

Coquille très-petite, turriculée, allongée, à tours nombreux, plats, s'enroulant régulièrement, séparés par des sutures bien marquées, le tour postérieur débordant un peu le tour antérieur. Ces tours sont ornés de quatre cordonnets longitudinaux granuleux, l'antérieur plus fort, le second plus faible, s'effaçant et finissant par disparaître en approchant du sommet, les deux postérieurs un peu moindres que le premier et à peu près égaux entre eux; les granulations sont nombreuses, arrondies et disposées en lignes transverses. La base est plane, sans ornements, carénée à la circonférence où un filet simple, séparé du restant de la base par un léger sillon qui reçoit le retour de la spire, reste à découvert dans le fond de la suture. Ouverture petite, subquadrangulaire.

Remarques. — Nous ne pouvons rien dire du canal ni des autres particularités de l'ouverture, celle-ci étant incomplète dans l'unique spécimen que nous possédons. Il est impossible de la confondre avec le *C. Lehardyi* (p. 42) dont les ornements sont beaucoup plus complexes et l'angle apicial plus ouvert. De toutes les espèces de Deshayes, c'est le *C. multispiratum* (1824, *Coq. foss. du bassin de Paris*, t. II, p. 391, pl. LVI, fig. 9-14, et 1864, *Anim. sans vert.*, t. III, p. 212), espèce de l'étage du calcaire grossier, qui paraît s'en rapprocher le plus. Les tours sont également imbriqués comme ceux de l'espèce de Mons; mais les côtes transverses, traversées par deux sillons seulement, paraissent ne porter que trois rangées de granules au lieu de quatre.

Nous dédions cette espèce à notre excellent ami M. Mourlon, conservateur au Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles.

Fig. 4*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie six fois.
— 4*b*, vue par-dessus, grossie six fois.
— 4*c*, grandeur naturelle.

CERITHIUM SUBCYLINDRACEUM, *Nov. sp.*

Pl. VIII, fig. 12*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille.	?
	Largeur —	0,00175 — ?
	Hauteur du dernier tour	0,00125 — ?
	Angle apicial	7°

Coquille très-petite, très-allongée, subcylindrique, à tours nombreux, presque plats sur le sommet, s'arrondissant un peu vers l'ouverture, séparés par des sutures peu distinctes. Ces tours sont ornés de trois cordonnets longitudinaux presque égaux, rendus granuleux par de nombreux filets transverses qui les recoupent presque perpendiculairement et y dessinent une espèce de rétieule. La base est plane, limitée extérieurement par une carène bien marquée sur laquelle on remarque deux filets simples, séparés par un sillon dans lequel se fait le retour de la spire de manière à laisser le filet postérieur visible le long de la suture. Ouverture subquadrangulaire, droite, terminée en avant par un canal court, renversé; columelle forte, droite et un peu tordue.

Remarques. — Cette espèce est très-rare; nous n'en possédons qu'un seul spécimen incomplet, le sommet de la spire étant enlevé. Ce fragment, que

nous avons dessiné, n'a guère plus de 5 millimètres de longueur. La coquille, en lui supposant un enroulement régulier sous un angle aussi faible (9°), devait avoir une taille de 12 à 15 millimètres. Mais probablement cet angle d'enroulement se serait modifié, comme on le remarque à certaines espèces très-petites, et serait devenu concave vers le sommet.

Elle se distingue très-bien du *C. Mourloni* (p. 43), qui a quatre rangées de granules, un angle apicial beaucoup plus ouvert et des sutures bien visibles. Elle se rapproche davantage du *C. sulcifer*, Mell. (1843, *Sables tert. inf.*, p. 59, pl. VII, fig. 14-15), mais cette dernière a une forme beaucoup plus régulière, un angle apicial plus ouvert et les tours n'ont aucune tendance à s'arrondir du côté de l'ouverture.

Deshayes, de son côté, décrit une espèce du calcaire grossier du bassin de Paris presque identique avec celle de Mons. C'est le *C. Baudoni*, Desh. (*Anim. sans vert.*, 1864, t. III, p. 204, pl. LXXIV, fig. 20-22). D'après la figure 21 surtout, qui représente les ornements grossis de cette espèce, il est, pour ainsi dire, impossible de les distinguer. Nous ne pouvons découvrir de différence que dans l'obliquité des côtes transverses de l'espèce française et dans la manière d'être des tours qui sont subimbriqués. L'espèce de Deshayes est également très-rare; cet auteur n'en possède qu'un seul spécimen.

Fig. 12*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie neuf fois.
— 12*b*, vue par-dessus, grossie neuf fois.
— 12*c*, grandeur naturelle.

Cerithium versigranulum, *Nov. sp.*

Pl. IX, fig. 9*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille.	0,0105	—100
	Largeur —	0,004	— 38
	Hauteur du dernier tour	0,0035	— 33
	Angle apicial	24°	

Coquille assez petite, conique, composée de sept tours presque plats, séparés par des sutures assez difficiles à distinguer à cause des ornements. Ceux-ci se composent, pour l'extérieur des tours, de quatre bandes longitudinales granuleuses, l'antérieure recevant le retour de la spire et restant en partie découverte à la suture; ces granulations, rondes ou ovales, sont assez régulières pour chacune des bandes séparément, les plus fortes sur la

bande postérieure. La base est arrondie et porte trois autres bandes de granulations diminuant progressivement en avançant vers le canal, la bande antérieure étant, pour ainsi dire, simple. Tous les sillons séparant ces bandes granuleuses sont occupés par un petit filet également granuleux que l'on ne peut bien voir qu'à la loupe, excepté le sillon postérieur, plus large, qui en a trois, et le sillon antérieur, qui en a deux. Quelques renflements variqueux se montrent vaguement à l'extérieur des derniers tours, correspondant à l'intérieur, à des bourrelets portant trois dents obtuses. L'ouverture était ovale, oblique, terminée en avant par un canal court et en arrière par une gouttière assez profonde.

Remarques. — Cette jolie espèce est assez rare dans le calcaire grossier de Mons. Elle se distingue du *C. Jucundum,* Desh. (1864, *Anim. sans vert.*, t. III, p. 155, pl. LXXVII, fig. 16-18), par ses sept côtes granuleuses au lieu de six, par la longueur de l'ouverture et surtout par sa largeur proportionnelle plus considérable. La figure de Deshayes semble être assez inexacte, si nous en jugeons par sa description, et l'espèce se rapproche peut-être plus de la nôtre qu'elle ne le ferait supposer, quoiqu'il ne puisse y avoir d'identification possible. Le *C. Jucundum* est de l'assise des sables de Châlons-sur-Vesles.

Fig. 9*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie quatre fois.
— 9*b*, vue par-dessus, grossie quatre fois.
— 9*c*, grandeur naturelle.

Cerithium Ryckholti, *Nov. sp.*

Pl. IX, fig. 10*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille.	0,025—100
	Largeur —	0,008— 35
	Hauteur du dernier tour	?0,005— 22
	Angle apicial	25° à 25°

Coquille parfaitement conique, à spire pointue, composée de treize à quatorze tours assez étroits, presque plats, mais un peu convexes vers le sommet, ce qui rend la suture enfoncée, et devenant concaves, au contraire, en approchant de l'ouverture, ce qui relève la suture. Ces tours sont ornés de cinq bandelettes longitudinales inégales, séparées par des sillons fort étroits; la bandelette postérieure, beaucoup plus large que les autres, porte de nombreuses granulations striées en long, mais peu visiblement; l'antérieure et la médiane plus petites, cette dernière devenant saillante et formant une espèce de carène aux premiers tours; les deux autres plus petites encore; ces quatre dernières bandelettes sont

traversées par des stries de croissance fortement arquées, ce qui les rend un peu granuleuses. La base est à peu près plane, lisse et sans ornements, limitée brusquement à la circonférence par une carène très-aiguë. Ouverture quadrangulaire, plus large que haute, terminée en avant par un canal étroit, oblique, dont le bord postérieur forme un pli saillant qui se continue et contourne la columelle jusqu'au sommet; le côté antérieur de l'ouverture porte à l'intérieur des bourrelets périodiques surmontés de deux grosses dents arrondies, en regard sur le côté opposé, à une dent unique laissant entre elle et le côté extérieur une gouttière qui n'est visible que là. Aucune trace de périodicité semblable ne se remarque à l'extérieur des tours.

Remarques. — Cette espèce n'est pas très-rare dans le calcaire grossier de Mons, mais elle y est assez mal conservée. Elle se rapproche beaucoup du *C. lemniscatum*, Brong. (1823, *Terr. calc. trapp. du Vicentin*, p. 71, pl. III, fig. 24), dont l'angle apicial est beaucoup plus ouvert et les ornements différents. Par ses proportions, elle se rapproche davantage du *C. paratum*, Desh. (1864, *Anim. sans vert.*, t. III, p. 118, pl. LXXXI, fig. 1), mais les ornements ne sont pas les mêmes, et elle n'a qu'un pli à la columelle au lieu de deux. L'espèce de Deshayes appartient à l'étage des sables moyens.

Fig. 10*a*, vue grossie deux fois.
— 10*b*, autre vue, grossie deux fois.
— 10*c*, grandeur naturelle.

Cerithium Coemansi, *Nov. sp.*

Pl. IX, fig. 6*a*, *b*, *c*.

Dimensions :		
Longueur de la coquille.		?0,025—100
Largeur —		0,009— 36
Hauteur du dernier tour		?0,005— 20
Angle apicial		22° à 25°

Coquille parfaitement conique, à tours nombreux, plats, assez étroits, ornés de quatre bandelettes longitudinales granuleuses; la postérieure longeant la suture, beaucoup plus forte que les trois autres; ces dernières presque égales, à granulations beaucoup plus serrées, séparées par des sillons profonds, plats, celui du milieu plus large que les côtes, les deux autres à peu près de la même largeur; ces côtes sont traversées de sillons de croissance fortement arqués. La base est à peu près plane, lisse et sans autres ornements que des stries de croissance, fortement carénée à la circonférence. Ouverture quadrangulaire, droite; columelle cylindrique, courte, portant un pli saillant à la partie antérieure.

Remarques. — Nous ne possédons que deux fragments de cette espèce. Bien qu'ils n'appartiennent probablement pas au même individu, ils s'adaptent assez bien, et nous les avons dessinés tous les deux. La forme générale est la même que celle du *C. Ryckholti* (p. 46). Nous avons même hésité avant d'en faire une espèce distincte, mais les ornements sont notablement différents et il est impossible de les confondre. Les deux espèces, comme beaucoup d'autres de cette forme, ont une forte bande granuleuse à la partie postérieure des tours : c'est le seul point de ressemblance que leurs ornements offrent entre eux; le restant du tour du *C. Ryckholti* a quatre autres bandelettes presque contiguës, tandis que celle-ci n'en a que trois séparées par de larges sillons.

Fig. 6*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 6*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 6*c*, grandeur naturelle.

Cerithium instabile, *Nov. sp.*

Pl. IX, fig. 8*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,0115—100
	Largeur —	0,0045— 39
	Hauteur du dernier tour	0,0045— 39
	Angle apical	28° à 32°

Coquille assez petite, conique, à spire pointue, composée de huit ou neuf tours s'enroulant sous un angle un peu convexe, séparés par des sutures bien marquées, le tour postérieur débordant le tour antérieur. L'extérieur des tours est orné de filets longitudinaux granuleux au nombre de cinq, le retour de la spire se faisant sur un sixième aussi un peu granuleux; ces granulations sont allongées, irrégulières et irrégulièrement disposées, n'affectant qu'accidentellement dans leur arrangement la forme de côtes transverses, beaucoup plus saillantes, plus allongées et plus espacées au quatrième filet qui forme une carène d'où le tour retombe sur la suture antérieure; d'autres filets, également espacés, peu ou point granuleux, se remarquent sur la base; entre ces ornements, aussi bien à l'extérieur des tours que sur la base, on peut apercevoir à la loupe des stries ou filets très-petits, mais simples. Un renflement transverse, arrondi, variqueux, recoupe ces ornements à quelque distance en arrière de l'ouverture sur le premier tour, et correspond, à l'intérieur, à un épaississement du bord droit portant une dent forte et obtuse vers le milieu; un ou deux renflements semblables, mais beaucoup moins forts se remarquent parfois sur les deux tours précédents. La base est arrondie, allongée; l'ouverture est assez petite, oblique, ovale, terminée en avant par un canal étroit, recourbé, et en arrière par une petite gouttière.

Remarques. — Cette espèce n'est pas très-rare dans le calcaire grossier de Mons. Ce qui semble en être le caractère distinctif, c'est l'irrégularité des granulations qui ne se disposent jamais en côtes transverses.

Les figures données par M. Melleville de son *C. tenuistriatum* (1843, *Sabl. inf.*, p. 57, pl. VII, fig. 4 et 5) assez différentes de celles données par Deshayes (1866, t. III, p. 168, pl. LXXVIII, fig. 31-34) tellement que l'on est tenté de supposer que ces deux auteurs ont eu en vue deux espèces différentes, paraissent représenter assez bien l'espèce de Mons. Celle-ci ne présente pas, cependant, ces nombreuses stries longitudinales qui ont fait donner son nom à la coquille des sables inférieurs; elle porte bien des stries longitudinales, mais on ne peut les voir qu'à la loupe. Du reste, elle n'atteint guère que le tiers de la longueur de la coquille des sables inférieurs. Nous devons ajouter que Melleville reconnaît que ses figures sont un peu imparfaites.

Fig. 8*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie trois fois.
— 8*b*, vue par-dessus, grossie trois fois.
— 8*c*, grandeur naturelle.

CERITHIUM MINUSCULUM, *Nov. sp.*

Pl. VII, fig. 14*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,003	— 100
	Largeur —	0,0015	— 50
	Hauteur du dernier tour	0,00125	— 41
	Angle apical		35°

Très-petite coquille conique, composée de six tours assez larges, s'enroulant régulièrement, peu convexes, séparés par des sutures peu distinctes à cause des ornements. L'extérieur des tours est orné de trois rangées longitudinales de fortes granulations allongées, correspondant d'une rangée à l'autre, et même, pour autant que nous puissions le dire d'après un seul échantillon, d'un tour à l'autre, séparées dans le sens longitudinal comme dans le sens transverse par de larges et profonds sillons, les sillons transverses au nombre de douze pour une révolution de la spire. La base est allongée et porte quatre cordonnets longitudinaux simples, excepté le postérieur qui est un peu granuleux et qui reçoit le retour de la spire, les deux suivants presque contigus, l'antérieur à la base de la columelle, séparé des autres par un assez large intervalle sans ornements. Ouverture assez grande, ovale, presque droite, terminée en avant par un canal court, sans bord gauche.

Remarques. — Nous ne connaissons aucune espèce du calcaire grossier de Mons dont cette petite coquille puisse être le jeune âge. Celle dont elle se rapproche le plus par sa forme générale est le *C. versigranulum* (p. 45) dont l'angle apicial est beaucoup moindre et dont les ornements, beaucoup plus complexes, sont proportionnellement moins saillants.

Fig. 14*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie huit fois.
— 14*b*, vue par-dessus, grossie huit fois.
— 14*c*, grandeur naturelle.

Cerithium Montense, *Nov. sp.*

Pl. XI, fig. 10*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,014	— 100
	Largeur —	0,00425	— 30
	Hauteur du dernier tour	0,00375	— 87
	Angle apicial	17° à 20°	

Coquille assez petite, composée de neuf ou dix tours s'enroulant sous un angle un peu convexe, séparés par des sutures plus ou moins bien marquées, à spire pointue. L'extérieur des tours est orné de côtes transverses irrégulières, au nombre de douze à quinze pour une révolution de la spire, le plus souvent bien marquées, quelquefois à peine visibles, assez saillantes à la partie postérieure des tours et s'effaçant de plus en plus à mesure que l'on s'éloigne de la suture; ces côtes sont sinueuses et parallèles aux stries de croissance; sept filets longitudinaux traversent ces côtes et s'étendent jusque vers le milieu de la base; deux d'entre eux sont entièrement cachés par le retour de la spire qui se fait sur le troisième; ces trois filets antérieurs sont plus forts que les autres; de fines stries longitudinales peuvent se voir à la loupe dans les intervalles qui les séparent; le restant de la base porte également quelques filets longitudinaux très-minces, plus serrés vers le canal. Ouverture arrondie, subquadrangulaire, avec ou sans bord gauche, terminée en avant par un canal court, et en arrière par une gouttière plus ou moins accusée.

Remarques. — Cette espèce est une des plus abondantes du calcaire grossier de Mons. Au point de vue des ornements, elle s'y montre sous des aspects très-divers. Le plus souvent ces ornements sont bien marqués, mais parfois les côtes transverses sont à peine visibles, bien que la coquille n'ait pas été roulée; dans ce cas, les tours sont arrondis et les filets longitudinaux également plus faibles. Nous rencontrons donc ici deux variétés très-dissemblables, que le grand nombre de spécimens que nous possédons, en nous fournissant

des intermédiaires, nous a empêchés de séparer spécifiquement. Nous avons aussi des individus chez lesquels le bord gauche est à peine visible, d'autres où il est très-bien marqué; mais, malgré ces différences, l'espèce conserve toujours le même facies.

Le *C. crenatulatum*, Desh. (1824, *Coq. foss. des env. de Paris*, t. II, p. 317, pl. XLI, fig. 5-6), espèce des sables moyens, se rapproche assez de notre espèce, mais ses ornements longitudinaux sont moins nombreux, et ses côtes transverses ont plus de saillie à la suture postérieure, ce qui fait paraître les tours plus plats.

Fig. 10*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois et demie.
— 10*b*, vue par-dessus, grossie deux fois et demie.
— 10*c*, grandeur naturelle.

CERITHIUM STRIATUM, *Bruguières.*

Pl. X, fig. 9*a*, *b*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,036	—100
	Largeur —	0,011	— 31
	Hauteur de l'ouverture	0,011?	— 31
	Angle apicial près du sommet		28°

SYNONYMIE : **Cerithium striatum**, Brugu., *Encycl. méth.*
— **nudum**, Lamk, *Ann. du Mus.*, t. III, p. 440, n° 58.
— — Lamk, *Anim. sans vert.*, t. VII, p. 88, n° 57.
— — Desh., 1824, *Coq. foss. du bass. de Paris*, t. II, p. 382, pl. XLVIII, fig. 17-20.
— — Bronn, 1848, *Ind. palaeont.*, t. I, p. 274.
— — d'Orb., 1852, *Prodr.*, t. II, 25me étage, p. 366, n° 582.
— — Morris, 1854, *Cat. of brit. foss.*, p. 242.
— **striatum**, Desh., 1864, *Anim. sans vert.*, t. III, p. 150 (non Desh., 1824, t. II, p. 312, pl. XLI, fig. 8-9).

Coquille assez grande, solide, non luisante, à spire pointue, composée de treize tours presque plats, assez larges, s'enroulant sous un angle assez régulier près du sommet, mais devenant convexe en approchant de l'ouverture, séparés par des sutures simples, peu profondes, mais bien marquées, le tour antérieur recouvrant un peu le tour postérieur. Ces tours sont ornés, près du sommet, de côtes transverses nombreuses, presque droites, s'étendant d'une suture à l'autre, se changeant en plis de plus en plus nombreux aux tours suivants, mais devenant plus irréguliers et de moins en moins saillants et étendus, pour finir, à l'avant-dernier tour, par ne plus occuper qu'un peu moins du tiers de sa largeur; au delà d'une forte côte variqueuse située à trois quarts de tour de l'ouverture, les plis transverses s'écartent de nouveau, acquièrent une plus forte saillie sans se prolonger davan-

tage sur la base, et se répartissent avec assez de régularité. Des stries longitudinales nombreuses recoupent ces ornements et s'étendent sur la base jusqu'au canal, stries assez irrégulières, une plus forte alternant généralemet avec une plus faible. Base arrondie, montrant des stries d'accroissement sinueuses, lesquelles se prolongent à l'extérieur des tours où elles sont parallèles aux plis transverses. Ouverture ovale, terminée en arrière par une gouttière profonde remontant un peu sur le tour précédent; le bord gauche, recouvrant toute la columelle, s'épaissit assez fort près de la gouttière postérieure.

Remarques. — Cette coquille, dont nous ne possédons qu'un seul spécimen, n'a été rapportée par nous au *C. striatum*, Brug. qu'avec un peu d'hésitation. Il est fâcheux qu'elle soit incomplète du côté de l'ouverture, ce qui lui enlève certains détails caractéristiques.

Elle a été soumise à l'examen de Deshayes, qui la rapportait à son *C. modunense*, espèce très-rare de l'étage des lignites et qui n'a encore été trouvée qu'à Meudon. Plusieurs motifs nous ont empêchés de nous ranger à l'avis de ce savant maître. Le *C. modunense* paraît avoir les ornements transverses assez réguliers et uniformément répartis depuis le sommet jusqu'à l'ouverture, ce qui n'a pas lieu dans la coquille de Mons, qui semble ne montrer qu'au dernier tour l'importance et la régularité d'ornementation qui caractérise l'espèce française. Elle est, du reste, d'après Deshayes, très-voisine du *C. striatum*. Généralement, les plis de cette dernière espèce s'effacent de plus en plus jusqu'à l'ouverture, si ce n'est dans la variété que cet auteur indique comme se rencontrant particulièrement à Parnes, qui est toujours plus petite et dont tous les tours sont plissés. C'est à cette variété que se rapporte notre coquille.

Le *C. striatum* appartient à l'étage du calcaire grossier de Paris, mais Deshayes la fait remonter jusque dans les sables moyens. On la trouve également en Angleterre dans les couches de Braklesham et de Selsey; et M. d'Archiac la cite, mais d'une manière dubitative, comme se rencontrant dans les couches tertiaires de l'Inde.

Fig. 9*a*, vue du côté de l'ouverture, grandeur naturelle.
— 9*b*, vue par-dessus, grandeur naturelle.

CERITHIUM QUETELETI, *Nov. sp.*

Pl. X, fig. 6*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,022—100
	Largeur —	0,008— 36
	Hauteur du dernier tour.	0,007— 32
	Angle apicial près du sommet	35°

Coquille conique, turriculée, à spire pointue, composée de douze tours à peu près plats, s'enroulant d'abord sous un angle régulier, mais qui devient convexe près de l'ouverture, séparés par des sutures peu profondes; le dernier tour, en arrivant à l'ouverture, se détache du tour précédent et se projette en avant. Ces tours sont ornés de sillons longitudinaux assez forts, ondulés, se confondant facilement avec la suture, au nombre de dix à douze pour la partie découverte des tours, assez serrés à la partie postérieure, s'écartant notablement avant d'arriver à la suture antérieure pour se rapprocher de nouveau sur toute la surface de la base; le creux des sillons est quelquefois strié en long; tous ces ornements sont recoupés par des stries et des sillons d'accroissement arqués, irréguliers, assez prononcés vers le milieu de la coquille. Ouverture petite, ovale, très-oblique, terminée en avant par un canal court très-incliné, et en arrière par une gouttière fort aiguë; bord droit arqué, bord gauche ondulé, détaché du tour précédent sur toute sa longueur.

Remarques. — La forme et les dimensions de cette coquille sont tout à fait celles du *C. unisulcatum*, Lamk. Si nous nous en étions rapportés uniquement aux figures de Deshayes (1824, pl. LVII, fig. 14-16), nous aurions certainement été amenés à identifier les deux espèces. Mais quand la comparaison se fait sur des spécimens provenant du bassin de Paris, la confusion n'est plus possible, les forts sillons longitudinaux de notre espèce ne pouvant guère être confondus avec les stries et le sillon unique du *C. unisulcatum*.

Cette espèce est très-rare; nous n'en avons recueilli qu'un seul individu.

Nous la dédions au savant directeur de l'Observatoire royal de Bruxelles.

FIG. 6*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie une fois et demie.
— 6*b*, vue par-dessus, grossie une fois et demie.
— 6*c*, grandeur naturelle.

Cerithium unisulcatum, *Lamk.*

Pl. X, fig. 1*a*, *b*; 2*a*, *b*, *c*; 3*a*, *b*, *c*, et 4*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Var. *A*	Longueur de la coquille	0,027	—100
		Largeur —	0,010	— 37
		Hauteur du dernier tour. . . .	0,009?	— 33
		Angle apical près du sommet . . .	40° à 45°	
—	Var. *B*	Longueur de la coquille	0,018	—100
		Largeur —	0,007	— 39
		Hauteur du dernier tour.	0,007	— 39
		Angle apical près du sommet . . .	35° à 38°	
—	Var. *C*.	Longueur de la coquille	0,021	—100
		Largeur —	0,0055	— 26
		Hauteur du dernier tour.	0,0055	— 26
		Angle apical	22° à 25°	
—	Var. *D*.	Longueur de la coquille.	0,012	—100
		Largeur —	0,004	— 33
		Hauteur du dernier tour.	0,0035	— 29
		Angle apical.	24°	

Synonymie : **Cerithium unisulcatum**, Lamk., *Ann. du Museum*, t. III, p. 440, n° 59.
— — Lamk., *Anim. sans vert.*, t. VII, p. 88, n° 58.
— — Lamk., *Foss. des env. de Paris*, p. 96, n° 59.
— — Desh., 1824, *Coq. foss. des env. de Paris*, t. II, p. 384, pl. LVII, fig. 14, 15 et 16.
— — Bronn, 1848, *Ind. pal.*, t. I, p. 275.
— — Dixon, 1850, *Foss. of Sussex*, pp. 102 et 182, pl. VII, fig. 4.
— — d'Orb., 1852, *Prodr.*, t. II, 25me étage, p. 366, n° 577.
— — Morris, 1854, *Cat. of Bristish foss.*, p. 242.
— — Desh., 1864, *Anim. sans vert.*, t. III, p. 148.
— — Watelet, 1870, *Cat. des moll. des sabl. inf.*, p. 12.

Coquille assez petite, mais de taille variable, conique, à spire pointue, composée de dix à douze tours s'enroulant quelquefois régulièrement, mais le plus souvent sous un angle convexe plus ou moins ouvert, séparés par des sutures simples presque superficielles. Ces tours sont presque plats, quelquefois un peu déprimés, ornés de stries longitudinales très-fines et très-serrées et d'un sillon parallèle à ces stries au milieu du dernier tour, mais se rapprochant de plus en plus de la suture antérieure à mesure que l'on s'avance vers le sommet de la spire. Le dernier tour se détache du tour antérieur à la suture un peu avant d'arriver à l'ouverture, se projette en avant et s'aplatit extérieurement de manière à donner plus de convexité à l'angle d'enroulement. La base est arrondie, ornée également de stries longitudinales, recoupées, ainsi que l'extérieur des tours, par des stries de croissance plus irrégulières quelquefois peu visibles. Ouverture ovale, très-oblique sur l'axe de la coquille, terminée en avant par un canal large, court, ouvert, fortement incliné, et en arrière par une gouttière aiguë à l'angle détaché du dernier tour; le bord droit arqué depuis cette gouttière jusqu'au canal, le bord gauche très-souvent détaché du tour antérieur, surtout chez les vieux individus.

Remarques. — Le spécimen reproduit par notre figure 1 et qui forme notre variété *A*, a été soumis à l'examen de M. Deshayes qui n'y a pas reconnu le *C. unisulcatum*, peut-être à cause de ses dimensions. Ce n'est qu'avec une certaine appréhension que nous nous rangeons à un avis différent, mais nous sommes persuadés que si cet éminent paléontologiste avait pu examiner tous les spécimens que nous avons recueillis depuis, il aurait modifié sa première opinion. Nos exemplaires sont, malheureusement, moins bien conservés que ceux que l'on rencontre dans les gîtes de France : ils sont généralement un peu roulés et les bords de l'ouverture sont souvent enlevés. Quelques-uns sont cependant d'une conservation parfaite et présentent même encore leur éclat primitif. Nous devons ajouter que, comme presque tous les individus du bassin de Paris, ceux que nous avons recueillis dans le calcaire grossier de Mons sont perforés, ce qui prouve, comme le remarque Deshayes, que l'espèce était particulièrement attaquée par d'autres mollusques.

En 1864, Deshayes a indiqué cinq variétés en sus de l'espèce type, en se basant principalement sur les ornements extérieurs. Nous allons, de notre côté, en indiquer quatre pour le calcaire grossier de Mons en nous basant principalement sur les dimensions que nous avons données plus haut et sur la forme de la coquille. Ces variétés ne correspondent donc pas à celles de Deshayes.

Variété A. — Les plus grands individus signalés par Deshayes n'ont que 19 millimètres de longueur et 7 de largeur (1824). Il ne donne pas de nouvelles dimensions dans son second ouvrage, ce qui nous permet de conclure que l'espèce a atteint dans le calcaire grossier de Mons une taille beaucoup plus grande que dans le bassin de Paris. Serait-ce cet excès de taille qui a fait hésiter Deshayes et l'a empêché de reconnaître à l'individu qui lui a été soumis les caractères du *C. unisulcatum*. Quoi qu'il en soit, le spécimen que nous avons dessiné et qui est précisément celui-là, est, de tous ceux que nous possédons, celui qui montre le mieux le sillon médian.

Variété B. — C'est l'espèce type du bassin de Paris, ayant à peu près les dimensions indiquées par Deshayes pour les plus grands individus. Elles sont, du reste, sensiblement proportionnelles à celles de la variété *A*.

Variété C. — Elle a la spire beaucoup plus pointue et l'angle d'enroule-

ment plus fermé et très-peu convexe. C'est elle qui présente surtout cette particularité d'avoir le dernier tour aplati près de l'ouverture et comme reporté vers l'axe de la coquille.

Variété D. — C'est le jeune âge de l'espèce et la forme la plus commune dans le bassin de Paris. L'angle apicial n'est presque pas convexe et le bord gauche de l'ouverture n'est pas entièrement détaché du dernier tour.

Cette espèce est très-répandue dans le bassin de Paris. Elle se rencontre dans l'étage des sables inférieurs, dans celui du calcaire grossier et dans celui des sables moyens. C'est dans le calcaire grossier qu'on la voit en plus grande abondance et qu'elle se montre sous ses formes les plus variées. Ces faits, signalés par Deshayes en 1864, n'étaient pas connus de d'Orbigny qui ne mentionne l'espèce que dans son étage parisien : cet auteur, dont l'esprit systématique est bien connu, n'eût probablement admis que très-difficilement sa présence dans trois étages différents.

Cette espèce se rencontre également en Angleterre dans les couches de Braklesham. M. Nyst nous a informés, il y a peu de temps, qu'elle avait également été reconnue dans notre pays, dans l'étage des grès bruxelliens de Groenendael, de Rouge-Cloître, etc. Elle y aurait donc vécu à deux époques géologiques différentes, séparées par les puissantes assises landenienne et ypresienne.

Fig. 1*a*, *var. A*, vue du côté de l'ouverture, grandeur naturelle.
— 1*b*, — vue par-dessus, grandeur naturelle.

— 2*a*, *var. B*, vue du côté de l'ouverture, grossie une fois et demie.
— 2*b*, — vue par-dessus, grossie une fois et demie.
— 2*c*, — grandeur naturelle.

— 3*a*, *var. C*, vue du côté de l'ouverture, grossie une fois et demie.
— 3*b*, — vue par-dessus, grossie une fois et demie.
— 3*c*, — grandeur naturelle.

— 4*a*, *var. D*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 4*b*, — vue par-dessus, grossie deux fois.
— 4*c*, — grandeur naturelle.

CERITHIUM PUNCTIFIBRUM, *Nov. sp.*

Pl. X, fig. 8*a*, *b* et 11*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :			
	Longueur de la coquille	0,026	—100
	Largeur —	0,008	— 31
	Hauteur du dernier tour	0,0075	— 29
	Angle apicial	21° à 25°	

Coquille conique, pointue, allongée, un peu luisante, composée de douze à quatorze tours convexes, assez larges, s'enroulant sous un angle assez régulier d'abord, mais devenant convexe aux derniers tours, séparés par des sutures linéaires peu profondes, mais bien marquées. Ces tours sont ornés de fibres ou petits plis transverses irréguliers, presque droits, parallèles aux stries de croissance, marqués de granulations allongées parallèlement aux plis, et disposées en trois ou quatre rangées longitudinales, les plus fortes au milieu et en arrière; ces ornements se montrent principalement sur les derniers tours, les premiers étant entièrement lisses. La base est arrondie, portant quelques filets longitudinaux peu saillants, irréguliers, striés en long comme les intervalles qui les séparent. Ouverture assez grande, ovale oblique, terminée en avant par un canal court, renversé.

Remarques. — Cette espèce est assez rare, nous n'en possédons que deux spécimens assez différents entre eux pour en faire deux variétés. Son ouverture ne nous est qu'imparfaitement connue, le bord droit étant toujours enlevé. C'est la présence ou l'absence complète du bord gauche qui sert de base à la distinction de nos deux variétés.

Variété A. — Columelle revêtue d'un bord gauche assez épais, en partie détaché, portant deux plis obliques et une gouttière postérieure étroite et profonde.

Variété B. — Columelle non revêtue d'un bord gauche, sans gouttière postérieure. C'est le spécimen dont nous avons donné les dimensions.

FIG. 8*a*, *var. A*, vue du côté de l'ouverture, grandeur naturelle.
— 8*b*, — vue par-dessus, grandeur naturelle.
— 11*a*, *var. B*, vue du côté de l'ouverture, grossie une fois et demie.
— 11*b*, — vue par-dessus, grossie une fois et demie.
— 11*c*, — grandeur naturelle.

CERITHIUM TENUIPLICATUM, *Nov. sp.*

Pl. X, fig. 12*a*, *b*, *c* et 7*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS	Longueur de la coquille	0,020—100
	Largeur —	0,007— 35
	Hauteur du dernier tour	0,006— 30
	Angle apical	22° à 25°

Coquille assez petite, mince et brillante, conique, à spire pointue, composée de onze à treize tours presque plats, s'enroulant sous un angle régulier ou devenant un peu convexe aux derniers tours, séparés par des sutures linéaires bien marquées, le tour antérieur débordant un peu le tour postérieur. Les tours sont ornés de petits plis transverses, fins et serrés, fort irréguliers, assez saillants à la suture postérieure, diminuant de plus en plus jusque vers le milieu du tour et se prolongeant rarement jusqu'à la suture opposée. Base plus ou moins arrondie à la circonférence, sans autres ornements que des stries de croissance souvent peu visibles. Ouverture assez grande, ovale, très-oblique sur l'axe de la coquille, terminée en avant par un canal court, ouvert, renversé, et en arrière par une gouttière profonde et étroite; le bord droit, mince, arqué, surtout au milieu; le bord gauche quelquefois entièrement nul, d'autres fois assez épais et détaché complétement du dernier tour.

Remarques. — Cette espèce est assez abondante dans le calcaire grossier de Mons, et elle s'y rencontre sous des formes un peu différentes au point de vue de l'ouverture. En effet, le bord gauche est souvent absent, même chez les plus grands individus, et nous aurions été conduits à en faire deux espèces différentes, si tous les autres caractères n'avaient pas été parfaitement identiques, et si, surtout, nous n'avions pas possédé des formes intermédiaires. Toutefois, comme pour l'espèce précédente, nous croyons devoir la donner sous ses deux formes extrêmes et y distinguer deux variétés.

Variété A. — Ouverture entière, bord gauche plus ou moins détaché du tour précédent.

Variété B. — Ouverture sans bord gauche, et sans gouttière postérieure.

Comme on le voit, cette espèce a beaucoup de rapports avec l'espèce précédente, mais sa taille plus petite, ses plis transverses très-courts et longeant la suture au côté postérieur du tour au lieu de s'étendre d'une suture à l'autre, et l'absence de granulations sur ces plis suffiront pour les distinguer. D'un autre côté, sa forme générale et surtout la forme de l'ouverture la rap-

prochent beaucoup du *C. unisulcatum* Lamk. (p. 54), dont cependant les plis transverses la distinguent parfaitement.

Fig. 12*a*, *var. A*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 12*b*, — vue par-dessus, grossie deux fois.
— 12*c*, — grandeur naturelle.

— 7*a*, *var. B*, vue du côté de l'ouverture, grossie trois fois.
— 7*b*, — vue par-dessus, grossie trois fois.
— 7*c*, — grandeur naturelle.

Cerithium abnorme, *Nov. sp.*

Pl. X, fig. 5*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,009—100
	Largeur —	0,004— 44
	Hauteur du dernier tour.	0,005— 55
	Angle apicial.	26° à 30°

Coquille petite, conique, assez allongée, à spire pointue, composée de huit tours s'enroulant sous un angle légèrement concave au sommet, mais devenant un peu convexe aux derniers tours, séparés par des sutures peu profondes, quoique bien marquées. Ces tours sont presque plats, polis, recouverts de stries d'accroissement irrégulières un peu obliques, sinueuses à la base; un léger renfoncement longitudinal se remarque à la partie postérieure des tours, laissant un vague bourrelet longeant la suture et le long duquel on remarque parfois quelques stries longitudinales. Base arrondie; ouverture ovale très-oblique, terminée en avant par un canal court, ouvert, renversé, et en arrière par une gouttière aiguë; le bord gauche, quelquefois presque nul, se trouve chez les grands individus à peu près entièrement détaché du tour antérieur.

Remarques. — C'est une espèce qu'un examen superficiel pourrait faire confondre avec le *C. unisulcatum*, Lamk. (p. 54). Sa forme générale et les caractères de l'ouverture sont sensiblement les mêmes. Mais un examen plus attentif la fait facilement reconnaître à sa forme plus irrégulière, à ses sutures plus profondes et à sa légère inflexion des tours le long de la suture qui ne peut jamais être prise pour le sillon unique caractérisant le *C. unisulcatum*. Une autre espèce, le *C. diastoma*, Desh. (1864, *Anim. sans vert.*, t. III, p. 150, pl. LXXIII, fig. 28-31) s'en distingue, de son côté, par sa forme beaucoup plus allongée.

Cette espèce est assez commune dans le calcaire grossier de Mons.

Fig. 5*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois et demie.
— 5*b*, vue par-dessus, grossie deux fois et demie.
— 5*c*, grandeur naturelle.

Cerithium Edmondi, *Nov. sp.*

Pl. X, fig. 10*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,006 — 100
	Largeur —	0,003 — 50
	Hauteur du dernier tour	0,0025 — 42
	Angle apicial	36° à 38°

Coquille petite, conique, assez large proportionnellement à sa longueur, composée de huit tours assez étroits, s'enroulant régulièrement en une spire pointue, séparés par des sutures peu profondes, mais bien marquées. Ces tours sont presque plats, polis, recouverts de stries d'accroissement irrégulières un peu obliques; une légère inflexion longitudinale dessine comme un vague bourrelet longeant la suture postérieure. Base assez peu élevée, limitée à sa circonférence par une carène arrondie. Ouverture ronde assez grande, terminée en avant par un canal court oblique, ouvert, sans bord gauche à la columelle.

Remarques. — Cette espèce rare est très-voisine du *C. abnorme* (p. 59). Ce n'est qu'avec hésitation que nous l'en avons séparée. Elle s'en distingue cependant par son angle apicial beaucoup plus ouvert, ce qui lui donne plus de largeur proportionnelle. De plus, cet angle est régulier et l'ouverture est complétement dépourvue de bord gauche.

Fig. 10*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie quatre fois.
— 10*b*, vue par-dessus, grossie quatre fois.
— 10*c*, grandeur naturelle.

Cerithium Chapuisi. *Nov. sp.*

Pl. X, fig. 13*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,009 — 100
	Largeur —	0.0045 — 50
	Hauteur du dernier tour	0.00275 — 31
	Angle apicial	30° à 32°

Coquille assez petite, conique, trochiforme, à spire assez aiguë, composée de neuf ou dix tours assez larges, s'enroulant sous un angle souvent un peu concave. Ces tours sont un peu arrondis vers le sommet et séparés par des sutures linéaires enfoncées; mais ils s'apla-

tissent à la partie antérieure, et il se forme insensiblement une carène très-aiguë à la circonférence de la base, ce qui relève cette suture. Ces tours sont lisses, brillants, et ne montrent que des stries de croissance arquées. La base est plane et porte en dedans de sa circonférence un cordonnet produisant avec la carène un léger sillon dans lequel se fait le retour de la spire. Ouverture triangulaire.

Remarques. — Cette coquille est assez abondante dans le calcaire grossier de Mons, mais elle est toujours mal conservée, ce qui rend notre description incomplète. Le canal devait être étroit, oblique et assez court; très-peu de spécimens en conservent des traces. La forme différente des tours, convexes près du sommet et à suture saillante vers l'ouverture, est assez remarquable, et se rencontre dans une espèce des sables inférieurs de France décrite par Melleville sous le nom de *Turritella marginatula* (1843, p. 56, pl. V, fig. 20, 21, 22). Sans prétendre que cette détermination générique soit inexacte, nous ferons remarquer que la coquille de Melleville était aussi fort incomplète du côté de l'ouverture, ce qui enlève parfois les traits caractéristiques qui peuvent conduire à une détermination incontestable. C'est, du reste, le cas dans lequel nous nous sommes trouvés, et nous avons pris d'abord notre coquille pour un *Turritella*. Dans tous les cas, aucune identification n'est possible avec l'espèce de Melleville, celle-ci ayant un angle apicial égal aux deux tiers à peine de la coquille de Mons.

Nous donnons à cette espèce le nom de M. Chapuis, le savant collaborateur de M. Dewalque dans la description des fossiles des terrains secondaires du Luxembourg.

Fig. 13*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie quatre fois.
— 13*b*, vue par-dessus, grossie quatre fois.
— 13*c*, grandeur naturelle.

Cerithium Dumonti, *Nov. sp.*

Pl. XII, fig. 11*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,006	—100
	Largeur —	0,00225	— 37
	Hauteur du dernier tour	?	
	Angle apicial près du sommet	30° à 35°	

Coquille petite, polie, composée de dix tours presque plats, les premiers un peu convexes, s'enroulant plus ou moins régulièrement sous un angle convexe. Ces tours sont

ornés de côtes transverses, légères, au nombre de dix à quinze pour une révolution de la spire, commençant à la suture et se prolongeant jusqu'à la carène obtuse qui forme la circonférence de la base et qui se trouve entièrement cachée par le retour de la spire; ces côtes se prolongent ainsi d'une suture à l'autre; elles sont parallèles aux stries de croissance et séparées entre elles par des sillons larges peu profonds. Une légère dépression se remarque à la partie postérieure des tours le long de la suture. Les premiers tours semblent être plus arrondis et présentent quelques ornements longitudinaux, ce qui n'a pas lieu aux derniers tours, où, du reste, tous les ornements tendent à disparaître de manière à laisser la coquille entièrement lisse. Ouverture assez petite, arrondie, anguleuse en arrière, terminée en avant par un canal court, ouvert.

Remarques. — Cette espèce n'est pas très-rare dans le calcaire grossier de Mons, mais les spécimens que nous possédons sont tous incomplets du côté de l'ouverture, ce qui rend un peu douteux ce que nous avons dit de cette partie de la coquille. Chez la plupart d'entre eux il n'existe plus de traces du canal antérieur, et chez les mieux conservés, ces traces ne se montrent que d'une manière assez vague, de sorte qu'on pourrait tout aussi bien en faire des *Melania* que des *Cerithium*. Un examen attentif nous a fait préférer ce dernier genre.

La forme et les dimensions proportionnelles de cette espèce sont assez variables : un de nos spécimens atteint neuf millimètres et demi de longueur sur trois de largeur et a ses derniers tours entièrement lisses.

Certains spécimens un peu usés du *C. Montense* (p. 51) pourraient être confondus avec cette espèce, dont la forme générale est à peu près la même. Mais il est rare qu'ils soient assez usés pour ne plus offrir de traces des filets longitudinaux. D'ailleurs les côtes y sont plus tuberculeuses et la coquille plus allongée.

Fig. 11*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie quatre fois.
— 11*b*, vue par-dessus, grossie quatre fois.
— 11*c*, grandeur naturelle.

Genre **POTAMIDES**, Brong., 1810.

Car. gén. — Coquille conique, allongée, turriculée, à tours nombreux; épidermée; ouverture petite, terminée en avant par un canal court, et en arrière par une gouttière plus ou moins marquée; opercule corné, orbiculaire, multispiré.

Remarques. — Ce genre est un démembrement du grand genre *Cerithium* de Bruguières et est réservé aux coquilles d'eau douce. Deux coquilles, dont une fort remarquable et très-abondante dans le calcaire grossier de Mons, nous ont décidés à l'admettre, malgré l'opinion presque générale des auteurs, surtout de ceux qui ne considèrent la conchyliologie qu'au point de vue purement paléontologique. Les deux genres *Cerithium* et *Potamides* sont, en effet, tellement voisins que, ainsi que le dit Deshayes, ce dernier ne peut guère être considéré que comme une modification peu importante du type des *Cérites*. Il faut remarquer de plus que si, à l'état vivant, ils peuvent être distingués dans la plupart des cas, cela devient en quelque sorte impossible à l'état fossile, les coquilles n'ayant conservé aucune trace de l'épiderme et de l'opercule, notablement différents dans les deux cas. Nous ajouterons un troisième caractère, l'érosion de la coquille du vivant de l'animal et la spire souvent tronquée et remplacée par une spire plane. C'est à cela que nous avons reconnu que la coquille dont nous avons parlé plus haut est bien évidemment un *Cérite d'eau douce* et que nous devions la ranger dans le genre *Potamides*. Quant à notre seconde espèce, elle est beaucoup plus rare et appartient au sous-genre *Telescopium*. Nous reconnaissons d'ailleurs que cette coupe est en quelque sorte artificielle, et son histoire se confond avec celle du genre *Cerithium* à laquelle nous renvoyons.

Potamides Montense, *Nov. sp.*

Pl. XI, fig. 1*a*, *b*, *c*, *d*.

Dimensions :	*Jeune âge :*	Longueur de la coquille . . .	0,013 —100
		Largeur — . . .	0,0065— 50
		Hauteur du dernier tour . . .	0,005?— 38
—	*Age adulte :*	Longueur de la coquille . . .	0,047 —100
		Largeur — . . .	0,025 — 49
		Hauteur du dernier tour . . .	0,017?— 34
		Angle apical	38° à 40°

Coquille grande, composée de douze à quatorze tours assez larges, s'enroulant régulièrement, séparés par des sutures profondes, à spire souvent érodée et dans ce cas remplacée par une spire courte, plane et lisse. La coquille du jeune âge est fort différente de celle de l'âge adulte. Dans le jeune âge les tours sont très-convexes, plus saillants à la

partie antérieure, ornés de côtes transverses assez régulières, droites, au nombre de huit à onze pour une révolution de la spire, devenant de moins en moins nombreuses à mesure que l'on s'éloigne du sommet, mais acquérant, par contre, plus de saillie; quatre côtes longitudinales fines et bien marquées se trouvent à la partie saillante des tours et s'épaississent un peu en traversant les côtes transverses, les deux antérieures cachées par le retour de la spire, lequel se fait sur la seconde de manière à laisser parfois un léger bourrelet à la suture; les deux autres, plus minces et plus rapprochées, se trouvent tout à fait à découvert à l'extérieur des tours; toute la surface est recouverte de fines stries longitudinales, que l'on peut quelquefois voir à la loupe entre les côtes et surtout à la partie postérieure des tours. Ces ornements du jeune âge se modifient peu à peu et finissent par devenir, après le sixième tour, aussi irréguliers qu'ils ont été réguliers dans le principe : ils se composent alors de côtes transverses plus ou moins fortes, souvent variqueuses, disposées irrégulièrement, quelquefois d'une très-forte saillie surtout à la partie postérieure des tours où elles ne se prolongent pas souvent jusqu'à la suture; il y en a généralement six pour une révolution de la spire, quelquefois moins, souvent plus; les plus fortes, au nombre de deux ou trois, correspondent, à l'intérieur de la coquille, à des bourrelets saillants, portant à la partie antérieure une ou deux dents plus ou moins fortes; les autres côtes plus faibles correspondent plutôt à des dépressions. Tous ces ornements sont traversés par de petits filets longitudinaux, dont six restent à découvert par le retour de la spire, les autres se prolongent sur toute la base; les intervalles qui les séparent sont occupés par d'autres filets plus petits et comme fibreux. Tous ces ornements sont traversés par des stries de croissance nombreuses et irrégulières.

Remarques. — L'angle apicial n'est dans le jeune âge que de 32°, mais la saillie que finissent par prendre les côtes transverses augmente rapidement cet angle, de sorte que, chez quelques individus complets, il semble être concave.

Cette espèce, bien que très-nombreuse dans le calcaire grossier de Mons, ne nous a offert aucun individu complet : le bord droit est toujours enlevé sur la moitié au moins du dernier tour. Cela ne nous a pas empêchés d'y reconnaître tous les caractères du genre : en effet, le canal antérieur est parfois très-bien marqué ainsi que la goultière postérieure; mais cela nous a empêchés de décrire l'ouverture, qui, d'après ce que nous avons pu juger par les stries de croissance, devait être assez petite, arrondie, très-oblique et sinueuse à ses extrémités.

La différence entre les ornements du jeune âge et ceux de l'âge adulte est très-remarquable : il est très-rare de trouver ces ornements réunis sur

le même individu. Les individus de petite taille sont très-nombreux et ont les ornements bien conservés, mais ils n'offrent que très-rarement le passage à ceux de l'âge adulte; ce n'est que par quelques spécimens que nous avons pu nous convaincre que les deux genres d'ornements appartiennent à une seule et même espèce. Chez les individus qui ont acquis tout leur développement, la délicatesse et la régularité des ornements des premiers tours disparaît, et généralement même, on ne voit plus sur toute la coquille que de vagues traces des filets longitudinaux; le bord gauche, comme nous l'avons dit plus haut, est toujours enlevé, et la spire presque toujours érodée et remplacée par une spire plane et lisse. Cette érosion de la spire, cette altération des ornements ne provient pas évidemment de l'usure mécanique, ou du roulement de la coquille après la mort de l'animal. Les parties en creux de l'extérieur des tours, abritées par les côtes transverses, sont également altérées, et la spire plane qui remplace le plus souvent la spire primitive prouve, au contraire, que ces altérations ont eu lieu pendant que l'animal était encore en vie, et pouvait réparer les dégâts causés à sa coquille par l'action de cet *agent inconnu* qui, comme le dit Deshayes, produit le même effet sur presque toutes les coquilles lacustres (Deshayes, 1866, t. II, genre *Melania*, p. 449). Nous aurons plus tard l'occasion de signaler le même fait chez d'autres espèces du calcaire grossier de Mons.

Ceci étant admis, cette espèce étant bien réellement une coquille d'eau douce, il nous restait à en déterminer le genre. Nous devons dire ici que notre première idée avait été d'en faire un *Cerithium;* nous devons même reconnaître que la chose eût eu fort peu d'inconvénients. Mais les véritables Cérites, ceux qui n'ont pas été roulés, ne présentent jamais ces érosions de la spire, et, dans tous les cas, les altérations provenant du roulement sont essentiellement différentes. Beaucoup de nos spécimens incomplets eussent bien pu être rapportés au genre *Melania,* et, dans ce cas, notre espèce eût été assez voisine de quelques Mélanies décrites par les auteurs, entre autres du *M. Geslini* (*Cerithium Geslini*, Desh., 1824, t. II, p. 367, pl. XLIII, fig. 17, 18) ou du *M. Cuvieri*, Desh. (1824, t. II, p. 104, pl. XII, fig. 1, 2). Remarquons ici cette particularité curieuse que le genre admis par Deshayes pour ces deux espèces du bassin de Paris est encore plus ou

moins douteux, et que cet auteur, qui avait d'abord rangé sa première espèce dans le genre *Cerithium*, a changé d'avis dans son second ouvrage et en a fait un *Melania*, et qu'il est porté à considérer la seconde comme une Pyrène plutôt que comme une Mélanie.

Quoi qu'il en soit, le canal antérieur, dont des traces évidentes persistent dans certains échantillons, exclut tout à fait l'idée de rapporter notre coquille au genre *Melania*. Force nous est donc de recourir au genre *Potamides*, quoique la plupart des auteurs se refusent à l'admettre comme genre fossile. Il nous a semblé que nous ne devions pas laisser échapper cette occasion de faire ressortir une fois de plus le caractère remarquable de la faune du calcaire grossier de Mons, composée de coquilles marines, lacustres et terrestres. C'est en effet le trait caractéristique de cette faune, comme on le verra à mesure que nous avancerons dans nos descriptions.

Fig. 1*a*, âge adulte, vue du côté de l'ouverture, grandeur naturelle.
— 1*b*, — vue par-dessus, grandeur naturelle.
— 1*c*, jeune âge, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 1*d*, — vue du côté de l'ouverture, grandeur naturelle.

POTAMIDES INORNATUS, *Nov. sp.*

Pl. VI, fig. 13*a*, *b*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,011—100
	Largeur —	0,005— 45
	Hauteur du dernier tour.	0,004— 36
	Angle apicial.	52°

Coquille conique, composée de huit à dix tours presque plats, s'enroulant sous un angle régulier, séparés par des sutures linéaires peu profondes, mais bien marquées; ces tours sont presque lisses, marqués seulement de quelques stries longitudinales qui ne se voient bien qu'à la loupe, recoupant des stries de croissance transverses moins visibles encore; les stries longitudinales acquièrent beaucoup plus de saillie sur les trois ou quatre premiers tours, plus arrondis, où elles se transforment en trois ou quatre sillons assez larges rendus granuleux par quelques sillons transverses. Base fortement arrondie à l'extérieur, ornée également de fines stries longitudinales; ouverture ovale, oblique, aiguë en arrière, subcanaliculée en avant; bord droit arqué; bord columellaire largement infléchi au milieu; columelle droite, creuse, tronquée en avant, la troncature bordée d'un léger pli externe.

Remarques.— Cette espèce, comme nous l'avons dit plus haut, fait partie de la section *Telescopium* du genre *Potamides*. Elle est très-rare dans le calcaire grossier de Mons. Nous ne connaissons aucune espèce fossile à laquelle nous puissions la comparer.

Fig. 15*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie trois fois.
— 15*b*, grandeur naturelle.

Famille : MELANIDES.

—

Genre **MELANIA**, Lamarck, 1801.

Car. gén. — Coquille turriculée à spire aiguë; épidermée; ouverture entière, ovale ou oblongue, atténuée ou aiguë en arrière, évasée en avant.

Remarques. — L'opinion assez unanime des auteurs est de restreindre ce genre aux coquilles d'eau douce et de reléguer les coquilles de même forme, trouvées dans des dépôts marins, soit dans les genres *Rissoa*, *Eulima*, *Chemnitzia*, etc., si ces dépôts appartiennent aux formations secondaires, soit dans le genre *Loxonema* quand ils appartiennent à la période primaire. Limité de cette manière, ce qui est très-rationnel du reste, le genre ne commencerait à se montrer que dans certains dépôts de la période jurassique remarquables par leurs coquilles fluviatiles. Il se continue dans les dépôts d'eau douce de la période crétacée, mais il prend surtout une extension bien marquée pendant la période tertiaire.

Le calcaire grossier de Mons nous en a offert trois espèces que nous n'avons pu rapporter à aucune des espèces connues antérieurement.

Melania nuda, *Nov. sp.*
Pl. VII, fig. 3*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,008	—100
	Largeur —	0,00275	— 34
	Hauteur du dernier tour.	0,003	— 38
	Angle apicial		25°

Coquille assez petite, conique, composée de huit tours arrondis, s'enroulant régulièrement en une spire pointue, séparés par des sutures profondes, simples. Ces tours sont

sans ornements. Ouverture assez grande, allongée presque droite, aiguë à la partie postérieure, le bord droit simple, le bord antérieur rejeté en arrière, la columelle renflée et comme tordue; la base allongée.

Remarques. — Cette espèce est très-rare. La coquille que nous avons dessinée étant un peu fruste, pourrait bien avoir perdu ses ornements, lesquels, dans tous les cas, devaient être très-légers. Sa forme rappelle celle des Eulimes, mais certaines particularités de l'ouverture, la manière d'être de la suture et l'épaisseur du test nous engagent à en faire un *Melania*.

Deshayes a décrit, dans son premier ouvrage, le *M. polita*, dont il a fait, en 1866, le *Rissoa polita* (*Anim. sans vert.*, t. II, p. 396). Cette espèce a une vague ressemblance avec notre coquille, mais on doit reconnaître, à la description de Deshayes, que l'auteur a eu raison d'opérer ce transfert. La ressemblance des deux coquilles n'est, du reste, que fort éloignée, et elles ne seront jamais confondues.

Fig. 3*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie quatre fois.
— 3*b*, vue par-dessus, grossie quatre fois.
— 3*c*, grandeur naturelle.

MELANIA EXORNATA, *Nov. sp.*

Pl. VII, fig. 3*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,003	—100
	Largeur —	0,00125	— 42
	Hauteur du dernier tour	0,001	— 33
	Angle apicial		28°

Petite coquille conique, composée de huit tours arrondis, saillants au milieu, enroulés régulièrement, séparés par des sutures profondes, ondulées. Les deux premiers tours sont lisses et sans ornements, les suivants sont ornés de côtes transverses assez fortes, obliques, au nombre de quinze ou seize pour une révolution de la spire, allant d'une suture à l'autre, mais se prolongeant très-peu sur la base; de fines stries longitudinales recoupant ces ornements, se voient principalement dans le creux des sillons, et sont surtout bien visibles sur la base. Ouverture assez petite, ovale, un peu oblique.

Remarques. — Cette espèce est très-rare; elle est remarquable par l'élégance de ses ornements. De toutes les espèces du bassin de Paris, celle qui

s'en rapproche le plus est le *M. cœlata*, Desh. (1866, *Anim. sans vert.*, t. II, p. 452, pl. XXX, fig. 1-3), dont les côtes sont beaucoup moins obliques et les ornements longitudinaux moins nombreux et moins fins.

Fig. 1*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie onze fois.
— 1*b*, vue par-dessus, grossie onze fois.
— 1*c*, grandeur naturelle.

MELANIA ELISÆ, *Nov. sp.*

Pl. VII, fig. 4*a*, *b*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,019	—100
	Largeur —	0,008	— 42
	Hauteur du dernier tour	0,0065	— 34
	Angle apicial	28° à 30°	

Coquille, conique, aiguë, régulière, composée de dix tours presque plats, s'enroulant sous un angle quelque peu convexe, séparés par des sutures linéaires souvent irrégulières mais toujours bien marquées, le tour antérieur s'y relevant souvent en un léger bourrelet. Ces tours sont ornés de stries longitudinales très-fines, peu visibles à l'œil nu, recoupées par des lignes ou sillons de croissance transverses, irréguliers, souvent légèrement sinueux près de la suture. Base un peu déprimée au milieu, arrondie à la circonférence. Ouverture arrondie, oblique, peu proéminente, aiguë en arrière; le bord antérieur infléchi et rejeté en arrière près de la columelle; celle-ci très-courte.

Remarques. — Cette espèce est assez abondante dans le calcaire grossier de Mons. Les ornements longitudinaux ne se voient bien que chez les coquilles un peu usées.

Elle est assez voisine du *M. lactea*, Lamk. (*Ann. du Muséum*, t. IV, p. 430, et t. VIII, pl. LX, fig. 5), mais elle s'en distingue aisément par les caractères de l'ouverture et de la base, lesquelles sont beaucoup moins allongées. Les plus petits individus présentent parfois quelques sillons longitudinaux irréguliers à l'extérieur des tours, ce qui les rapproche du *M. hordacea*, Lamk. (*Id.*, t. IV, p. 431, n° 4), dont les variétés sont si nombreuses; mais nous n'avons pu les y réunir par les mêmes motifs, c'est-à-dire base et ouverture plus déprimées.

Fig. 4*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 4*b*, grandeur naturelle.

MELANIA FLORENTINÆ, *Nov. sp.*

Pl. VII, fig. 2*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,0095	—100
	Largeur —	0,003	— 32
	Hauteur du dernier tour	0,00325	— 34
	Angle apicial.		21°

Coquille conique, turriculée, allongée, composée de neuf ou dix tours s'enroulant régulièrement, séparés par des sutures linéaires bien marquées. Ces tours sont brillants, plats, excepté les premiers près du sommet qui sont un peu convexes, ornés de stries ou sillons transverses très-légers, irréguliers, traversés à la base par des stries longitudinales plus fines, peu visibles à l'œil nu. Base arrondie; ouverture petite, ovale, un peu oblique, aiguë en arrière; bord antérieur un peu évasé et rejeté en arrière à la columelle; bord droit arqué rejoignant la suture en ligne droite.

Remarques. — L'extérieur des tours et la forme générale de la coquille rapprochent vaguement cette espèce de notre *Cerithium tenuiplicatum*, (p. 58). Mais les caractères de l'ouverture en font incontestablement un *Melania*, lequel se distingue du précédent par sa forme bien plus élancée, ce qui rend son angle apicial beaucoup moindre.

FIG 2*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie quatre fois.
— 2*b*, vue par-dessus, grossie quatre fois.
— 2*c*, grandeur naturelle.

Genre **MELANOPSIS**, Lamarck, 1801.

Car. gén. — Coquille allongée, fusiforme ou conico-cylindrique; ouverture ovale, pourvue en avant d'une échancrure séparant le bord droit de la columelle, et terminée en arrière par un sinus ou gouttière entre le bord droit et une callosité souvent très-forte constituant le bord gauche.

Remarques. — Très-voisin du genre *Melania*, le genre *Melanopsis* s'en distingue par la callosité du bord columellaire et l'échancrure de la base. Il est formé de coquilles d'eau douce, et a commencé à se montrer avec la période tertiaire. Les espèces sont assez nombreuses et se rencontrent depuis l'éocène inférieur jusqu'aux couches les plus récentes. Les espèces actuelles vivent dans les eaux douces des pays méridionaux.

Le calcaire grossier de Mons nous en a offert des individus très-nombreux, mais, malgré leurs formes très-variées, il nous a été impossible d'y distinguer plus d'une espèce, laquelle est connue depuis longtemps dans le bassin de Paris.

MELANOPSIS BUCCINOIDEA, Ferussac, *Sp.*

Pl. VII, fig. 7*a*, *b*, *c*; 8*a*, *b*, *c*, et 9*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS : Var. *a*.	Longueur de la coquille	0,0125	—100
	Largeur —	0,0065	— 48
	Hauteur du dernier tour.	0,009	— 72
	Angle apicial	»	— 55°
— Var. *b*.	Longueur de la coquille	0,015	—100
	Largeur —	0,0065	— 43
	Hauteur du dernier tour.	0,0085	— 57
	Angle apicial	»	— 42°
— Var. *c*	Longueur de la coquille	0,010	—100
	Largeur —	0,004	— 40
	Hauteur du dernier tour.	0,005	— 50
	Angle apicial.	»	— 37°

SYNONYMIE : **Bullmus antediluvianus**, Poiret, 1801, *Prod.*, p. 37, n° 5.
Mélanie de Soissans, Brard, 1815, 4me Mém., *Journal de physique*, t. LXXIV, p. 254.
Melanopsis buccinoidea, Ferussac, *Mém. geol.*, p. 64, sp. n° 1.
— — Ferussac, 1822, *Monogr. des esp. viv. et foss. du gen. Melanops.*, p. 148, pl. VII, fig. 1, 2, 3, 4, 5 et 7, et pl. VIII, fig. 1.
— — Desh., 1824, *Desc. des coq. foss. des env. de Paris*, t. II, p. 120, pl. XIV, fig. 24-27, et pl. XV, fig. 3-4.
— **fusiformis**, d'Orb., 1850, *Prodr.*, t. II, 24me étage, p. 300, n° 68.
— **buccenoidea**, Morris, 1854, *Cat. of brit. foss.*, p. 257.
— — Desh., 1863, *Desc. des anim. sans vert.*, t. II, p. 468.
— — Watelet, 1870, *Cat. des moll. des sabl. inf.*, p. 8.

Coquille ovale, plus ou moins allongée, de dimensions proportionnelles très-variables, ce qui fait varier en même temps l'angle apicial; elle est lisse et brillante sans ornements, si ce n'est des stries de croissance que l'on ne peut bien voir qu'à la loupe, composée de six à huit tours plus ou moins larges s'enroulant sous un angle régulier excepté chez les individus les plus renflés où cet angle devient concave, séparés par des sutures linéaires assez régulières. Ouverture plus ou moins grande, ovale, oblique, anguleuse en arrière; bord droit très-fragile, mince et tranchant, juxtaposé au tour précédent sur une assez grande hauteur; bord columellaire recouvert sur toute la longueur d'une callosité fortement renflée et épaissie à l'angle postérieur de l'ouverture.

Remarques. — Malgré le grand nombre de spécimens que nous a fournis le calcaire grossier de Mons, nous n'en avons aucun qui soit complet, et dont

le bord droit ne soit plus ou moins enlevé. Notre description doit nécessairement se ressentir de cet état de choses. Nous ferons remarquer que la même fragilité a été signalée par Deshayes pour la même espèce dans le bassin de Paris.

Les éléments nous manquent pour décider qui a le premier fait connaître cette espèce : nous la laissons sous le nom de Ferussac qui l'a fait entrer dans son véritable genre. Elle a subi, du reste, d'assez nombreuses vicissitudes. Elle était depuis longtemps connue comme excessivement abondante dans certains gisements de l'étage des lignites des environs de Soissons et d'Épernay. Ferussac, qui avait fait une étude spéciale des coquilles d'eau douce tant vivantes que fossiles, donna en 1822 une monographie du genre *Melanopside,* où il assimilait cette espèce, entre autres au *Melanopsis buccinoidea,* Olivier (*Voyage dans l'empire ottoman,* 1801 à 1807), espèce vivante que l'on rencontre en Syrie, en Espagne et dans d'autres pays méridionaux, et au *M. fusiformis,* Sow. (*Min. conch.*, p. 361, traduct. de Desor, pl. CCCXXXII, fig. 1 à 7) en la subdivisant cependant en d'assez nombreuses variétés. Deshayes, dans son premier ouvrage, semble admettre la synonymie de Ferussac, mais il la reforme complétement dans son second : il en retranche d'abord l'espèce vivante sous le nom de *M. prærosa,* déjà connue de Linné (*Buccinum prærosum,* Syst. nat., t. XII, p. 1203), et le *M. fusiformis,* Sow., appartenant à un gisement plus récent et que tous les conchyliologistes anglais admettent, dit-il, comme espèce distincte. D'Orbigny, en 1850, en avait déjà retranché l'espèce vivante, mais, ce qui est assez étonnant de la part de cet auteur, il y réunissait encore le *M. fusiformis,* Sow., en conservant à l'espèce ce dernier nom. Nous nous rallions à l'opinion de Deshayes, tout en faisant observer que Morris, dès 1854, distinguait déjà les deux espèces; il signalait la présence du *M. buccinoidea* dans l'éocène inférieur de Woolwich, Pleemstead, New-Cross, etc., tandis qu'il remontait le *M. fusiformis* dans l'éocène moyen de Hordwell.

La plupart des variétés de Ferussac étant ainsi écartées, les autres subdivisions qui restent perdent de leur importance et laissent entre elles des lacunes. Il devenait fort difficile de leur rapporter les trois variétés que nous avons établies pour les spécimens très-nombreux que nous a fournis le cal-

caire grossier de Mons. Ces variétés, nous devons le dire, passent de l'une à l'autre par de nombreux intermédiaires, et ne sont, pour ainsi dire, basées que sur les dimensions proportionnelles.

Variété *a*. — Elle renferme les individus les plus renflés, à angle apicial très-ouvert, et le plus souvent concave; les tours sont étroits et se maintiennent à peu près à la même largeur depuis le sommet de la spire jusqu'à l'ouverture.

Variété *b*. — La largeur proportionnelle diminue ainsi que l'angle apicial; cet angle devient régulier; les tours sont légèrement arrondis et leur largeur s'accroît proportionnellement à la coquille.

Variété *c*. — La spire devient très-aiguë, l'enroulement continue à être régulier et les tours un peu arrondis. Cette variété renferme le plus grand nombre des petits individus, lesquels sont très-abondants.

Cette espèce paraît être confinée à l'étage des lignites du Soissonnais, où elle se trouve en très-grande quantité. Elle se rencontre en Angleterre dans des assises correspondantes à cet étage du bassin de Paris.

Comme nous l'avons vu plus haut, elle est très-abondante dans le calcaire grossier de Mons. Nous aurons plus d'une fois l'occasion de signaler le mélange, tout à fait remarquable que présente cette formation, de coquilles marines, fluviatiles et terrestres.

Fig. 7*a*, var. *a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 7*b*, — vue par-dessus, grossie deux fois.
— 7*c*, — grandeur naturelle.

— 8*a*, var. *b*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 8*b*, — vue par-dessus, grossie deux fois.
— 8*c*, — grandeur naturelle.

— 9*a*, var. *c*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 9*b*, — vue par-dessus, grossie deux fois.
— 9*c*, — grandeur naturelle.

Genre PIRENA, Lamarck, 1801.

Car. gén. — Coquille turriculée, à tours nombreux; ouverture à péristome continu, présentant à l'arrière un sinus souvent détaché du bord précédent et en avant un autre

sinus ou un évasement plus ou moins prononcé; le bord columellaire, non calleux, se recourbe vers le bord droit dans l'âge adulte et tend à rejeter l'ouverture en dehors de la coquille.

Remarques. — Malgré l'opinion de la plupart des auteurs, qui en font un sous-genre ou une section moins importante encore du genre *Melanopsis*, nous avons conservé le genre *Pirena* de Lamarck, pour deux coquilles de formes assez singulières que nous avons recueillies dans le calcaire grossier de Mons. Il nous a semblé que ce genre pouvait être conservé sans inconvénient, puisqu'il se distingue très-bien du genre *Melanopsis* par le péristome continu de l'ouverture et la columelle non calleuse. Deshayes, qui n'admet pas le genre, en reconnaît cependant l'importance, puisqu'il désigne, dans les explications des planches de son second ouvrage, par le nom de *Pirena*, plusieurs coquilles de la planche XXXI (fig. 25 à 31), bien que son texte les décrive sous le nom de *Melanopsis*. Quoi qu'il en soit, les deux genres étant généralement confondus, leur histoire doit se confondre et nous renvoyons à ce que nous en avons dit (genre *Melanopsis*, p. 70).

PIRENA GIBBOSA, *Nov. sp.*

Pl. XI, fig. 4*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :		
Longueur de la coquille	0,006	—100
Largeur —	0,0035	— 58
Hauteur de l'ouverture	0,002	— 33
Angle apicial	45°	à 48°

Coquille assez petite, composée de sept à neuf tours s'enroulant sous un angle concave en une spire assez pointue, les premiers presque plats et séparés par des sutures linéaires superficielles, les autres un peu arrondis et ayant des sutures plus profondes. Les premiers tours sont très-étroits; le dernier, au contraire, est très-développé et arrondi en avant; ils sont ornés d'assez nombreux sillons longitudinaux fort réguliers, mais mieux marqués vers la circonférence de la base; l'ouverture est très-petite et comme étranglée, fortement rejetée sur le côté, complétement détachée du dernier tour, arrondie à l'intérieur, à bords évasés, terminée en arrière par une gouttière étroite et profonde; un ombilic très-bien marqué se trouve à la base, à moitié caché par l'évasement du bord columellaire.

Remarques. — Cette coquille est fort singulière, et nous l'aurions rangée parmi les monstruosités si nous n'en avions possédé plusieurs exemplaires

dont la constance des caractères est très-remarquable. Sur l'un d'eux, qui a conservé une plus grande partie du bord de l'ouverture, on remarque en avant une seconde gouttière beaucoup plus faible que la gouttière postérieure.

Nous ne connaissons, du reste, aucune coquille fossile avec laquelle nous puissions la comparer.

Fig. *4a*, vue du côté de l'ouverture, grossie six fois.
— *4b*, vue par-dessus, grossie six fois.
— *4c*, grandeur naturelle.

PIRENA INCERTA, *Nov. sp.*

Pl. XI, fig. 7*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,010 — 100
	Largeur —	0,005 — 50
	Hauteur de l'ouverture	0,0035 — 35
	Angle apicial	30°

Coquille conique, turriculée, composée de neuf tours s'enroulant d'une manière assez irrégulière, l'angle apicial étant un peu convexe jusqu'au dernier tour, lequel se dilate tout à coup vers l'ouverture qui est rejetée un peu de côté; ces tours sont peu arrondis, lisses et montrent à peine quelques stries d'accroissement; au dernier tour on remarque deux ou trois côtes variqueuses transverses, la plus forte opposée à l'ouverture. Ces tours sont réunis par des sutures linéaires presque superficielles, mais cependant bien marquées, chacun de ces tours débordant un peu le tour précédent. L'ouverture est arrondie, sinueuse à la partie postérieure, le bord antérieur rejeté un peu en arrière, le bord columellaire assez infléchi vers le milieu à la base de la columelle.

Remarques. — Le labre est en partie enlevé à notre spécimen; cependant les lignes de croissance et surtout les bourrelets variqueux du dernier tour nous ont permis de le reconstruire dans le dessin que nous en donnons, et ils montrent très-bien que ce labre devait être assez proéminent sur l'ouverture à la circonférence de la base.

Cette espèce est assez remarquable par l'irrégularité de son dernier tour. Cette irrégularité est-elle l'effet d'une déformation accidentelle? dans ce cas, notre coquille devrait être rapportée au *Melania Elisæ* (p. 69). Mais l'unique spécimen que nous possédons ne nous permet pas de trancher la question, et dans le doute, nous devons nous résoudre à la donner comme

une espèce particulière en la faisant entrer dans le genre *Pirena*. Nous ferons cependant observer que l'absence de tout bord gauche au *Melania Elisæ* constitue une différence assez remarquable et assez importante pour motiver le genre *Pirena* dans le cas qui nous occupe.

Fig. 7*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie trois fois.
— 7*b*, vue par-dessus, grossie trois fois.
— 7*c*, grandeur naturelle.

Famille : TURRITELLIDES.

—

Genre **TURRITELLA**, Lamark, 1799.

Car. gén. — Coquille allongée, turriculée, à tours nombreux, réguliers, striés ou costulés longitudinalement; ouverture ronde, ovale ou subquadrangulaire, à bords le plus souvent désunis en arrière, le bord droit simple largement sinueux dans sa longueur.

Remarques. — Le genre *Turritella* est un de ceux que l'on a tenté de subdiviser, mais sans grand succès. Cependant, il mériterait bien de l'être, attendu la grande quantité d'espèces qu'il renferme.

Les auteurs sont loin d'être d'accord sur l'époque de sa première apparition. Deshayes n'hésite pas à la faire descendre jusqu'au terrain silurien inférieur; d'autres (d'Orbigny, Woodward, etc.) admettant le genre *Loxonema*, Philipps, pour les coquilles turritelliformes des terrains paléozoïques, la fixent à l'étage néocomien, tandis que d'autres encore (Pictet, etc.) la rapportent, d'une manière dubitative toutefois, aux premières assises de la période secondaire. Comme on le voit, toutes ces opinions peuvent se soutenir. Quoi qu'il en soit, c'est l'époque tertiaire qui en fournit le plus grand nombre d'espèces, et l'on pourrait dire que le genre *Turritella* et le genre *Cerithium* sont caractéristiques de cette époque.

Le calcaire grossier de Mons nous en a procuré treize espèces dont une seule a pu être rapportée par nous à une espèce déjà connue. Ce grand nombre d'espèces, comparativement au petit nombre signalé jusqu'à présent dans les terrains éocènes de notre pays, est un trait de ressemblance de plus à signaler entre notre assise de Mons et les assises tertiaires de France.

TURRITELLA MULTISULCATA, Lamk.

Pl. XII, fig. 8*a*, *b*, *c* et 10*a*, *b*, *c*.

(Var. *A*, *multisulcata.*)

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille.	0,020	—100
	Largeur —	0,010	— 50
	Hauteur du dernier tour	0,0065	— 33
	Angle apicial	32° à 36°	

(Var. *B*, *intermedia.*)

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille.	0,0175	—100
	Largeur —	0,008	— 46
	Hauteur du dernier tour	0,005	— 28
	Angle apicial	25° à 30°	

SYNONYMIE : **Turritella multisulcata**, Lamk., 1804, *Annales du Museum*, t. IV, p. 217, n° 5.
— — Lamk., 1822, *Anim. sans vert.*, p. 562, n° 5.
— — Desh., 1824, *Coq. foss. des env. de Paris*, t. II, p. 288, pl. XXXVIII, fig. 10-12.
— ? Nyst, 1843, *Coq. et polyp. foss. de Belgique*, p. 401, n° 347.
— — Bronn, 1848, *Ind. pal.*, t. 1, p. 1335.
— Dixon, 1850, *Foss. of Sussex*, p. 101, pl. VI, fig. 9.
— — d'Orb., 1852, *Prodr.*, t. II, 25me étage, p. 341, n° 55.
— — Morris, 1854, *Cat. of Brit. foss.*, p. 284.
— — Desh., 1861, *Anim. sans vert.*, t. II, p. 326.

Coquille conique, turbinée, plus ou moins large à la base, à spire aiguë, composée de huit à dix tours assez larges, arrondis, plus saillants au tiers antérieur, s'enroulant régulièrement sous un angle assez ouvert, séparés par des sutures linéaires profondes. Les premiers tours sont lisses et sans ornements; les derniers sont ornés de filets longitudinaux en nombre variable, mais ordinairement de huit à neuf à l'extérieur, séparés par des sillons arrondis; ces ornements sont recoupés par des stries et des plis de croissance sinueux en arrière à la partie saillante du tour. La base est arrondie, également ornée de filets longitudinaux, mais plus larges et moins saillants qu'à l'extérieur des tours et disparaissant presque entièrement vers le centre. Ouverture arrondie, toujours incomplète dans nos spécimens, et que nous ne pouvons, par conséquent, décrire d'une manière plus explicite.

Remarques. — Plusieurs espèces du bassin de Paris, constituant un groupe bien caractérisé que nous croyons retrouver dans le calcaire grossier de Mons, ont entre elles beaucoup d'affinité, et nous paraissent très-vaguement limitées; leurs variétés extrêmes se rapprochent tellement qu'elles finissent par se confondre, et ces espèces pourraient bien ne former que des variétés d'un même type. Ces espèces sont : le *T. multisulcata*, Lamk., le *T. inter-*

media, Desh., le *T. regularis*, Desh., etc. Elles se distinguent entre elles principalement par la taille, par les dimensions proportionnelles et par les ornements plus ou moins serrés; mais il serait aisé, croyons-nous, d'établir des passages insensibles d'une forme à l'autre. C'est du moins la conclusion à laquelle nous sommes arrivés par la comparaison de nombreux spécimens provenant du bassin de Paris. Il est difficile, sinon impossible, d'arriver à des coupes bien nettes et incontestables. Il est vrai qu'en les réunissant sous un même nom spécifique, on est conduit à admettre des variations de forme très-étendues, mais ces variations existent déjà pour plusieurs espèces, entre autres pour le *T. sulcata*, Lamk. et le *T. fasciata*, Lamk., que l'on n'a pas jugé convenable de subdiviser.

Deshayes, dans son premier ouvrage, avait émis une opinion analogue, et avait annoncé que l'on trouverait probablement plus tard des intermédiaires pour les réunir. Ces intermédiaires se sont en effet trouvés, mais ils sont devenus, à leur tour, de nouvelles espèces que ce même auteur dit être parfois fort difficiles à distinguer et qui pourraient fort bien ne constituer que des variétés. En définitive, au lieu de voir la question se simplifier, nous la voyons se compliquer davantage, et malgré le respect que nous inspire l'avis d'un paléontologiste aussi éminent, nous ne pouvons, dans le cas actuel, nous y rallier.

Nous avons donc jugé convenable de réunir sous un même nom spécifique les formes un peu différentes que nous a présentées le calcaire grossier de Mons, en les groupant en variétés, et en indiquant les espèces françaises auxquelles elles se rapportent.

Variété *A*. — *Multisulcata*. C'est l'espèce type. Nos spécimens ont l'angle apicial très-ouvert et les dimensions proportionnelles exactement les mêmes que celles données par Deshayes. Elle est assez rare.

Variété *B*. — *Intermedia*. Angle plus fermé, coquille plus allongée, se rapprochant du *T. intermedia*, Desh., beaucoup plus abondante, mais jamais entière, et ne présentant souvent que le jeune âge à tours lisses et sans ornements. Quelques spécimens, plus allongés encore, rappellent par leur forme et leurs ornements, assez exactement le *T. incerta*, Desh., et pourraient peut-être constituer une troisième variété.

Cette espèce est de l'étage du calcaire grossier de Paris, mais elle s'élève jusque dans les sables moyens, si, comme nous le proposons, on peut lui associer le *T. incerta*, Desh. Elle est très-abondamment répandue dans les principaux gisements fossilifères de cette époque du bassin de Paris. M. Grateloup l'avait aussi signalée dans le midi de la France (Dax), mais d'une manière dubitative. Il paraît que ses doutes sont pleinement confirmés actuellement, et que les savants français ont reconnu qu'elle ne s'étend pas au delà de ses anciennes limites. Dixon l'a signalée en Angleterre dans les couches de Braklesham, en même temps que le *T. intermedia*. En Belgique, M. Nyst avait rencontré dans les sables d'Aeltre (1843) un spécimen trop incomplet pour qu'on puisse affirmer positivement qu'il appartînt à cette espèce, malgré sa grande ressemblance. Dans les listes des fossiles bruxelliens communiquées par le même auteur à M. d'Omalius d'Halloy (1868, *Précis élémentaire de géologie*, p. 604) et à M. Dewalque (1868, *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, p. 403), le *T. multisulcata* n'est plus indiqué, mais se trouve remplacé par le *T. incerta*, ce qui tend à confirmer nos prévisions quant à l'identification des quelques espèces signalées plus haut.

Fig. 8*a*, *var. A*, *multisulcata*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 8*b*, — — vue par-dessus, grossie deux fois.
— 8*c*, — — grandeur naturelle.
Fig. 10*a*, — *B*, *intermedia*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 10*b*, — — vue par-dessus, grossie deux fois.
— 10*c*, — — grandeur naturelle.

Turritella Marthæ, *Nov. sp.*

Pl. XI, fig. 8*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,009—100
	Largeur —	0,004— 44
	Hauteur du dernier tour.	0,003— 33
	Angle apicial.	28°

Coquille assez petite, mince, conique, turbinée, composée de sept tours assez larges, régulièrement arrondis, séparés par des sutures profondes, s'enroulant régulièrement sous un angle assez ouvert. Les premiers tours sont lisses, les suivants sont ornés de côtes lon-

gitudinales régulières, saillantes, au nombre de quatre à l'extérieur, une cinquième qui reçoit le retour de la spire, et une sixième antérieure entièrement cachée; en avant de cette dernière, sur la base, se trouve une bande plane plus ou moins large, et entre cette bande et la columelle, se montrent cinq ou six côtes longitudinales très-serrées, quelquefois légèrement granuleuses par le passage des stries de croissance; à la partie postérieure des tours se trouve un assez large espace sur lequel on voit quelques filets longitudinaux longeant la suture; un filet semblable se voit aussi entre les deux dernières grosses côtes; de nombreuses stries de croissance occupent toute la largeur des sillons compris entre les côtes longitudinales. L'ouverture est arrondie, assez grande; le bord droit fort mince, régulièrement arqué; le bord gauche, également arrondi, présente à la partie antérieure une légère fente ombilicale.

Remarques. — Cette espèce ne peut être confondue avec le *T. multisucata*, Lamk., dont les tours sont moins régulièrement arrondis, et les ornements longitudinaux plus nombreux.

Fig. 8*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie trois fois.
— 8*b*, vue par-dessus, grossie trois fois.
— 8*c*, grandeur naturelle.

Turritella Montense, *Nov. sp.*

Pl. XI, fig. 2*a*, *b*, 11*a*, *b*, *c* et 12.

Dimensions :	Longueur de la coquille.	0,058	—100
	Largeur —	0,015	— 26
	Hauteur du dernier tour	0,0115	— 20
	Angle apicial	14° à 15°	

Coquille grande, allongée, à tours nombreux assez larges, s'enroulant régulièrement en une spire aiguë. Ces tours sont plats à l'extérieur, souvent même un peu creusés vers le milieu, légèrement arrondis à la partie postérieure, fortement arrondis et même un peu carénés à la partie antérieure, ce qui produit des sutures profondes et imbriquées, le tour postérieur débordant toujours le tour antérieur. Ces tours sont ornés, sur toute leur surface, de nombreux filets longitudinaux recoupés par des stries et des plis de croissance transverses formant un sinus large et arrondi vers le milieu du tour, et se recourbant en arrière vers l'angle ou carène antérieure; ces stries, un peu onduleuses en traversant les filets longitudinaux, les rendent quelquefois un peu granuleux. Ouverture droite, ovale arrondie, un peu plus haute que large; le bord droit presque plat, assez fortement échancré au milieu, saillant à l'angle antérieur extérieur; le bord gauche arqué, un peu oblique, de manière à être à peu près parallèle au bord droit, revêtu d'une légère callosité qui se répand sur le tour précédent.

Remarques. — Cette espèce, une des plus abondantes du calcaire grossier de Mons, est remarquable par sa grande ressemblance avec le *Turritella edita*, Sow., si commun dans certaines assises des sables inférieurs de France. Il serait très-difficile de les distinguer par la forme générale ou par les ornements, qui n'offrent que des différences très-légères, souvent difficiles à voir et plus encore à signaler. Nous aurions été amenés à les identifier si nous n'avions pas trouvé, dans l'ouverture de l'angle apicial, un caractère constant qui, s'ajoutant à ces légères différences, repousse complétement cette identification. L'angle apicial du *T. edita* est de 10° à 11° dans l'âge adulte; il est un peu plus ouvert dans le jeune âge, mais s'élève rarement au delà de 12°. C'est, comme le dit Deshayes, une des espèces les plus étroites en proportion de sa longueur. La forme plus évasée de notre espèce est donc son caractère distinctif.

Nous devons signaler quelques formes assez remarquables que présente parfois le jeune âge de cette espèce, mais qui ne sont pas assez persistantes pour qu'on en fasse la base de distinctions spécifiques. Nous devons répéter ici ce que nous avons déjà dit, que le grand nombre de spécimens conduit forcément à des annulations d'espèces. Dans le cas qui nous occupe, les variétés ont toutes un caractère commun, l'angle apicial, qui se maintient toujours entre 14° et 15°, mais les ornements sont notablement différents, bien que passant insensiblement de l'un à l'autre. Nous diviserons cette espèce en trois variétés :

Variété *A*. — C'est l'espèce type, que nous venons de décrire, laquelle est de beaucoup la plus nombreuse et celle qui se rapproche le plus du *T. edita*, Sow.

Variété *B*. — Les tours sont plus plats, les sutures moins profondes, et une carène beaucoup plus prononcée se remarque à la partie antérieure. C'est la forme type du jeune âge de la coquille; presque tous les spécimens en portent des traces à l'extrémité de la spire, mais elle persiste parfois jusqu'au delà du milieu de la coquille de l'âge adulte.

Variété *C*. — Les filets longitudinaux sont rendus granuleux par le passage des stries de croissance. Cette particularité affecte toujours les coquilles de la variété *B*, et est surtout bien prononcée à la carène antérieure.

Nous verrons plus loin d'autres espèces granuleuses que nous ne pouvons réunir à cette espèce, principalement à cause de l'angle apicial.

Fig. 2*a*, *var. A*, vue du côté de l'ouverture, grandeur naturelle.
— 2*b*, — vue par-dessus, grandeur naturelle.
— 11*a*, *var. C*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 11*b*, — vue par-dessus, grossie deux fois.
— 11*c*, — grandeur naturelle.
— 12 , *var. B*, vue du côté de l'ouverture, grandeur naturelle.

Turritella Coemansi, *Nov. sp.*

Pl. XI, fig. 9*a*, *b*.

Dimensions :		
Longueur de la coquille	. . . . .	0,055—100
Largeur —	. . . . .	0,012— 22
Hauteur du dernier tour	. . . . .	0,010— 18
Angle apicial	. . . . .	15° à 14°

Coquille grande, conique, allongée, à tours très-nombreux, s'enroulant en une spire aiguë sous un angle régulier. Ces tours sont presque plats, surtout vers le sommet où la suture est presque superficielle et se confond souvent avec les nombreuses stries longitudinales qui ornent les tours; plus tard, les tours s'arrondissent un peu, la suture se trouve dans une dépression très-faible, mais assez apparente, provenant de ce que le tour postérieur déborde un peu le tour antérieur. Les ornements se composent de stries longitudinales peu nombreuses aux premiers tours, mais se multipliant beaucoup dans les suivants; elles sont alors fort irrégulières de forme, de grosseur et d'écartement; elles sont recoupées de stries d'accroissement ou plissements transversaux irréguliers, fort nombreux, très-sinueux un peu en arrière du milieu du tour. Base arrondie, un peu carénée à la circonférence.

Remarques. — L'ouverture de cette espèce, autant que nous pouvons en juger par le restant de la coquille, était droite, ovale, arrondie, plus haute que large; le bord droit devait être presque plat, profondément échancré, saillant à l'angle antérieur extérieur; le bord columellaire arqué assez régulièrement, légèrement calleux.

Elle est très-voisine du *T. hybrida*, Desh. (1824, *Coq. foss. des env. de Paris*, t. II, p. 278, pl. XXXVI, fig. 5, 6), mais son angle apicial est toujours plus ouvert que celui de l'espèce de France, lequel ne dépasse guère 10°.

Quant aux ornements, ils sont sensiblement les mêmes, si ce n'est la suture qui, dans notre espèce, est superficielle et parfois assez vaguement accusée.

Fig. 9*a*, vue, grandeur naturelle.
— 9*b*, autre vue, grandeur naturelle.

Turritella Hannonica, *Nov. sp.*

Pl. XII, fig. 4*a*, *b*, *c*.

Dimensions :	Longueur de la coquille.	0,020 —100
	Largeur —	0,0055— 27
	Hauteur du dernier tour	0,005 — 25
	Angle apicial	18° à 20°

Coquille conique, allongée, à tours nombreux, s'enroulant le plus souvent sous un angle régulier, mais quelquefois convexe près du sommet et redevenant concave aux derniers tours. Ces tours sont généralement plats, quelquefois un peu renflés à la partie postérieure ou au milieu. Les ornements sont assez irréguliers et se composent de filets longitudinaux assez nombreux, de grosseur variable, irrégulièrement disposés et espacés, mais le plus souvent de la manière suivante en partant de la suture antérieure : on rencontre d'abord deux filets plus forts que tous les autres, le premier, plus saillant, reçoit le retour de la spire, puis une bande presque plane, ensuite cinq filets entre lesquels s'en trouvent d'autres plus petits recouvrant la partie renflée du tour et longeant la suture; celle-ci est toujours linéaire et le plus souvent difficile à distinguer. Les ornements transverses sont généralement très-peu distincts : ce sont des stries ou plis de croissance très-sinueux à la partie extérieure des tours, ce qui indique une profonde échancrure du bord droit. La base est arrondie, quelquefois un peu carénée à la circonférence à l'intérieur de laquelle se trouve parfois trois légers sillons longitudinaux, le restant presque lisse. Ouverture ovale; columelle mince.

Remarques. — Cette espèce est très-abondante dans le calcaire grossier de Mons. Ses ornements transverses sont le plus souvent très-peu distincts : quand ils se montrent, ce sont des stries ou plis de croissance très-sinueux à la partie extérieure des tours, ce qui indique une profonde échancrure du bord droit.

Cette espèce est assez voisine du *T. Coemansi* (p. 82), mais on pourra toujours facilement l'en distinguer par ses ornements longitudinaux beaucoup moins nombreux, et surtout par son angle apicial beaucoup plus ouvert.

On pourrait aussi la comparer à une espèce du calcaire grossier de Paris, le *T. subula*, Desh. (1824, t. II, p. 277, pl. XXXVI, fig. 15, 16) dont les ornements longitudinaux sont aussi un peu irréguliers, mais dont les tours sont moins plats, et les sutures enfoncées toujours bien visibles.

Fig. 4*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 4*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 4*c*, grandeur naturelle.

Turritella Alphonsi, *Nov. sp.*

Pl. XI, fig. 6*a*, *b*.

Dimensions :			
Longueur de la coquille	0,062	—	100
Largeur —	0,004	—	33
Hauteur du dernier tour	0,00275	—	25
Angle apical			19°

Coquille conique, turriculée, à spire pointue, composée de dix tours assez larges, s'enroulant régulièrement. Ces tours portent extérieurement deux carènes longitudinales assez saillantes, anguleuses, séparées par un large sillon, l'antérieure un peu plus large que la postérieure, mais cette différence souvent peu sensible; la suture se trouve dans un sillon de même forme et de même grandeur que celui qui sépare les deux carènes : il est souvent difficile de distinguer cette suture, et, à la première vue, on est tenté de donner à cette espèce un nombre de tours double de celui qu'elle a réellement. De très-petits filets longitudinaux recouvrent ces carènes, dont l'un un peu plus fort se trouve dans le creux du sillon du milieu du tour, et un autre à la partie antérieure du tour débordant un peu le retour de la spire, ce qui tend encore à augmenter la confusion dont nous avons parlé. Tous ces ornements sont recoupés par de très-fines stries de croissance presque imperceptibles, fortement sinueuses en arrière le long de la suture postérieure. La base est presque plane, lisse, limitée extérieurement par une carène aiguë; l'ouverture arrondie à la columelle, anguleuse à l'angle antéro-extérieur.

Remarques. — La coquille étant incomplète, nous n'indiquons la base lisse que sous toutes réserves.

Cette coquille est fort remarquable par ses deux carènes. Nous en possédons plusieurs spécimens dont la constance des ornements ne nous permet pas de méconnaître ce caractère spécifique. Nous ne connaissons aucune espèce avec laquelle on pourrait la comparer.

Fig. 6*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 6*b*, grandeur naturelle.

TURRITELLA ACUTA, *Nov. sp.*

Pl. XI, fig. 3*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,022	100
	Largeur —	0,004	18
	Hauteur du dernier tour	0,005	14
	Angle apicial.	9° à 10°	

Coquille très-allongée, à base fort restreinte, composée d'un grand nombre de tours assez larges, s'enroulant sous un angle régulier en une spire très-aiguë. Ces tours sont plus ou moins infléchis dans le milieu, débordant un peu le tour suivant à la suture antérieure, ce qui marque très-bien celle-ci et la rend comme imbriquée. Des stries ou filets très-minces, longitudinaux, ornent toute la largeur du tour; dans les intervalles on en voit d'autres plus petits; ces ornements sont recoupés par des stries d'accroissement transverses, fortement sinueuses en arrière vers le milieu du tour, et rendant parfois sinueux les filets longitudinaux, surtout vers la suture antérieure. Ouverture assez élevée, anguleuse aux deux sutures.

Remarques. — Cette espèce est certainement une des plus aiguës du genre: son angle apicial est inférieur à celui du *T. edita*, Sow., que Deshayes signale comme une des plus étroites relativement à sa longueur. La forme de ses tours ne nous permet pas de la rapporter à cette espèce, et le peu d'ouverture de son angle apicial empêche de la confondre avec la variété *C* du *T. Montense* (p. 80).

FIG. 3*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 3*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 3*c*, grandeur naturelle.

TURRITELLA NYSTI, *Nov. sp.*

Pl. XII, fig. 5*a*, *b*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,018	100
	Largeur —	0,005	28
	Hauteur du dernier tour	0,003	17
	Angle apicial.	17°	

Coquille allongée, conique, à tours nombreux, s'enroulant en une spire aiguë sous un angle régulier. Ces tours sont assez larges, ornés, à leur partie antérieure, d'une côte longitudinale aiguë, saillante, séparée de la suture par une bande creuse, et en arrière de

trois filets également longitudinaux, le premier laissant entre lui et la côte antérieure à peu près le même intervalle et la même bande creuse qu'entre celle-ci et la suture, les deux autres plus rapprochés de la suture postérieure; tous ces ornements sont simples et les sillons qui les séparent sont recouverts de stries longitudinales et de stries transversales d'accroissement.

Remarques. — Tous nos spécimens sont fort imparfaits. Nous pouvons cependant reconnaître que la base devait être assez plane ou conique, terminée extérieurement par une carène assez aiguë qui reçoit le retour de la spire; le restant de la base était plus ou moins orné de stries longitudinales. L'ouverture était ovale, un peu anguleuse aux deux extrémités du bord droit.

Nous croyons devoir faire de cette espèce un *Turritella*, bien qu'aucun de nos spécimens ne nous offre, d'une manière bien nette, les caractères distinctifs du genre, et bien que les caractères spécifiques, qui sont très-marqués, aient une vague ressemblance avec ceux du *Cerithium canaliculatum*, Mell. (*Sables inf. du bassin de Paris*, p. 59, pl. VII, fig. 12-13). C'est principalement par la manière d'être assez constante de ses ornements, qu'on peut la distinguer du *T. imbricataria*, Lamk. (Desh., 1824, t. II, p. 271, pl. XXXV, fig. 1, 2, et pl. XXXVI, fig. 7-8, etc.). Elle est assez abondante dans le calcaire grossier de Mons.

Fig. 5*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 5*b*, grandeur naturelle.

TURRITELLA INSTABILE, *Nov. sp.*

Pl. XII, fig. 9*a*, *b*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	0,039—100
	Largeur —	0,014— 36
	Hauteur du dernier tour.	0,011— 28
	Angle apicial	25° à 27°

Coquille assez grande, conique, turbinée, composée de onze ou douze tours s'enroulant régulièrement, séparés par des sutures profondes. Les tours sont convexes, ornés, à l'extérieur, de deux grosses côtes longitudinales, et d'une troisième à la circonférence de la base, qui reçoit le retour de la spire; des filets également longitudinaux se remarquent sur le restant de la base jusqu'au canal, sur la partie postérieure des tours entre la dernière côte

et la suture, et souvent entre les autres côtes; ces ornements sont recoupés par des stries et plis transverses quelquefois bien marqués, très-sinueux à la partie saillante des tours. Base arrondie, conique; ouverture assez grande, ovale, droite; columelle arquée, tordue, versante à la base, avec un pli spiral vers le milieu.

Remarques. — Cette espèce n'est pas très-rare dans le calcaire grossier de Mons. Ses ornements sont assez variables, mais elle se reconnaît toujours très-facilement. Elle ressemble beaucoup à une espèce du bassin de Paris, le *T. fasciata*, Lamk. (Desh., 1824, t. II, p. 284, pl. XXXIX, fig. 1-20, et pl. XXXVIII, fig. 13, 14, 17, 18), également remarquable par le peu de constance de ses ornements. Cette espèce a l'angle apicial un peu plus ouvert, et ses côtes sont aiguës et tranchantes au lieu d'être épaisses et arrondies comme celles de l'espèce Mons.

M. Al. Rouault a donné une coquille de Bos d'Arros (*Desc. des foss. du terr. éoc. des env. de Pau*, 1848, p. 178, n° 70, pl. XV, fig. 19) dont il fait une variété du *T. uniangularis*, Lamk. (*Ann. du mus.*, t. IV, p. 219, n° 9. — Deshayes, *Coq. foss. des env. de Paris*, 1824, t. II, p. 281, pl. XL, fig. 28-29). Il ne décrit pas sa coquille et la figure qu'il en donne ne se rapporte guère à la description ni à la figure de Deshayes. Bien que ce dernier auteur admette l'identification de Rouault (1861, *Anim. sans vert.*, t. II, p. 322), nous ne pouvons nous empêcher d'émettre quelques doutes à cet égard. Le *T. uniangularis*, Lamk., n'a qu'un angle saillant, comme son nom l'indique, tandis que la figure de Rouault en montre deux. Nous ajouterons que ces deux angles paraissent être plutôt deux côtes, occupant sur les tours la même position que celles de la coquille du calcaire grossier de Mons. Si nous ajoutons à cela que les stries signalées par Rouault existent aussi sur la nôtre, que les angles apiciaux sont à peu près les mêmes, ainsi que les dimensions proportionnelles, nous serons amenés à conclure que la coquille de Bos d'Arros est bien plus voisine de la coquille du calcaire grossier de Mons que du *T. uniangularis*, Lamk. Cependant, en présence d'éléments aussi incertains, nous ne pouvons nous hasarder à proposer une rectification et une identification nouvelle.

Fig. 9*a*, vue du côté de l'ouverture, grandeur naturelle.
— 9*b*, vue par-dessus, grandeur naturelle.

TURRITELLA PATULA, *Nov. sp.*

Pl. XII, fig. 7*a*. *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille.	0,019	—100
	Largeur —	0,010	— 55
	Hauteur du dernier tour	0,006?	— 34
	Angle apicial	34° à 35°	

Coquille conique, fort évasée, composée de sept ou huit tours s'enroulant régulièrement, séparés par des sutures profondes. Ces tours sont assez convexes, surtout à la partie antérieure; ils sont ornés, à la partie saillante, de deux grosses côtes longitudinales avec un petit filet entre les deux, et en arrière de la postérieure, de quatre autres petits filets, le second plus fort, quelquefois le seul bien visible. La base est large, assez obtuse, portant à sa circonférence une troisième grosse côte qui reçoit le retour de la spire, et un peu à l'intérieur deux filets assez prononcés. Les ornements longitudinaux sont recoupés de stries ou plis transverses fortement sinueux à l'extérieur des tours. Ouverture arrondie.

Remarques. — Cette coquille, dont nous n'avons pas d'exemplaire bien complet, n'est pas très-rare dans le calcaire grossier de Mons. Elle reproduit à peu près les mêmes ornements que la précédente, et il est assez difficile de dire en quoi ils diffèrent. Mais il y a près de 10° de différence entre les deux angles apiciaux, et nos nombreux spécimens ne nous offrent pas d'intermédiaires d'une forme à l'autre. C'est la seule considération qui nous a empêchés de les réunir sous un même nom spécifique, et l'on doit reconnaître qu'elle est plus que suffisante.

FIG. 7*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie deux fois.
— 7*b*, vue par-dessus, grossie deux fois.
— 7*c*, grandeur naturelle.

TURRITELLA MABLE, *Nov. sp.*

Pl. XII, fig. 12.

DIMENSIONS :	Longueur de l'ouverture.	0,021	—100
	Largeur —	0,008	— 38
	Hauteur du dernier tour.	0,005	— 24
	Angle apicial.	20° à 32°	

Coquille assez grande, conique, allongée, composée de tours nombreux assez larges, s'enroulant sous un angle régulier. Ces tours sont entièrement concaves et se relèvent de chaque côté vers les sutures en deux légers bourrelets, l'antérieur plus fort, débordant

un peu le postérieur du tour précédent. Toute la surface est ornée de stries ou filets longitudinaux très-fins, irréguliers en grosseur quoique assez régulièrement disposés, recoupés par des stries ou sillons de croissance très-sinueux un peu en arrière du milieu du tour, dessinant parfois des granules sur les filets longitudinaux.

Remarques. — L'état incomplet des spécimens que nous possédons ne nous permet pas d'en dire davantage. Nous pouvons conclure des stries d'accroissement, que le bord droit devait être profondément échancré au tiers postérieur vers la suture, et que le bord antérieur devait s'avancer assez fort au-dessus de l'ouverture.

Cette espèce est très-bien caractérisée par la concavité de ses tours se relevant aux deux sutures. C'est par là qu'elle se distingue du *T. hybrida*, Desh. (1824, *Coq. foss. du bassin de Paris*, t. II, p. 278, pl. XXXVI, fig. 56), et du *T. Coemansi* (p. 82), outre qu'elle a l'angle apicial beaucoup plus ouvert.

Fig. 12, grandeur naturelle.

Turritella Arsenei, *Nov. sp.*

Pl. XI, fig. 5*a*, *b*.

Dimensions :	Longueur de la coquille.	0,0275 — 100	
	Largeur —	0,006 — 22	
	Hauteur du dernier tour	»	»
	Angle apicial	»	12°

Coquille assez petite, allongée, composée d'un grand nombre de tours s'enroulant régulièrement en une spire aiguë, séparés par des sutures profondes et bien marquées. Ces tours sont imbriqués, infléchis au milieu, un assez fort bourrelet occupe un peu plus du tiers antérieur et déborde fortement le tour précédent; ils sont ornés de stries nombreuses longitudinales recoupées par des stries ou plis de croissance très-sinueux en arrière vers le milieu de la surface postérieure entre la suture et le bourrelet, et retournant en sens inverse à l'endroit le plus saillant de ce même bourrelet; la rencontre des ornements longitudinaux par les stries de croissance produit de légères granulations, principalement sur le bourrelet.

Remarques. — Nous n'avons de cette espèce qu'un seul spécimen fort incomplet; nous ne pouvons donc la décrire avec plus de détails, mais ce que nous en disons suffit, pensons-nous, pour la bien limiter. On pourrait la prendre pour une forme exagérée du *T. Montense* (p. 80), mais il nous

manque les intermédiaires de l'une à l'autre; de plus, l'angle apicial de cette dernière est plus ouvert de deux degrés au moins, et deux degrés c'est déjà beaucoup pour le genre *Turritella*.

Certaines formes du *T. imbricataria*, Lamk., se rapprochent de notre espèce, mais le bourrelet n'y est jamais aussi bien limité postérieurement, et les ornements longitudinaux sont beaucoup plus gros.

Elle se rapproche aussi beaucoup du *T. contracta*, Dixon (1850, *Fos. of Sussex*, p. 181, pl. VII, fig. 42), dont l'angle apicial est cependant plus ouvert de 2° à 3°, si nous nous en rapportons à la figure et qui pourrait bien, de son côté, être une forme exagérée du *T. corroidea*, Sow., donnée par le même auteur, pl. V, fig. 6 et 10.

Fig. 5*a*, vue grossie deux fois.
— 5*b*, grandeur naturelle.

TURRITELLA HERMINÆ, *Nov. sp.*

Pl. XII, fig. 6*a*, *b*.

Dimensions :	Longueur de la coquille	»
	Largeur —	0,0075
	Hauteur de l'ouverture	»
	Angle apicial	15° à 16°

Coquille assez grande, conique, allongée, composée d'un assez grand nombre de tours assez larges, s'enroulant sous un angle régulier. Ces tours sont convexes et se relèvent des deux côtés sans se déborder sensiblement, de manière à former un renflement longitudinal au milieu duquel se trouve la suture, que l'on distingue assez difficilement des stries longitudinales; ces stries recouvrent toute la surface de la coquille; elles sont assez régulières et régulièrement espacées, et rendues granuleuses par le passage des stries ou plis de croissance; ces derniers ornements sont fortement sinueux en arrière vers le milieu du tour, et se recourbent en sens inverse en approchant des deux sutures, où ils acquièrent aussi plus de saillie.

Remarques. — L'état des spécimens que nous possédons rend notre description nécessairement incomplète. Cette espèce est très-voisine du *T. Mariæ* (p. 88), mais, outre que ses ornements et la forme de ses tours diffèrent quelque peu, son angle apicial est beaucoup moindre.

Fig. 6*a*, vue grossie deux fois.
— 6*b*, grandeur naturelle.

Genre **SCALARIA**, Lamarck, 1801.

Car. gén. — Coquille turrieulée, à tours nombreux, arrondis, quelquefois disjoints, ornés de côtes transverses plus ou moins fortes et nombreuses; ouverture plane, ovale ou arrondie, à péristome généralement continu, réfléchi en bourrelet extérieur.

Remarques. — Les côtes transverses des tours marquent les points d'arrêt des bouches successives. Quelques subdivisions du genre ne possèdent pas ces ornements et se rapprochent, par conséquent, des Turritelles, d'autant plus que leur péristome cesse aussi d'être continu. D'un autre côté, certaines espèces fossiles, principalement des terrains secondaires, qui ont les tours costulés transversalement, montrent une ouverture plus ou moins anguleuse, tout en ayant également le bord désuni. Il y a donc contact des deux genres, et la transition se fait par un certain nombre d'espèces embarrassantes. Nous n'éprouvons pas cet embarras pour les espèces du calcaire grossier de Mons, car, si l'une d'elles n'a pas le bord continu, elle possède les côtes transverses qui en sont le caractère le plus saillant, caractère qui, quand il existe, doit toujours faire pencher la balance du côté du genre dont nous nous occupons. Nous ne pouvons, en effet, admettre des ornements semblables pour le genre *Turritella*. Nous citerons ici le *T. angulata*, Sow., qui nous semble très-discutable, et, dans tous les cas, excessivement mal choisi comme exemple de *Turritella* pour un traité élémentaire de paléontologie (d'Orbigny, t. II, p. 13).

Les espèces de ce genre sont excessivement nombreuses. Deshayes y admet deux subdivisions pour les espèces non costulées, l'une sous le nom d'*Eglisia*, Gray, qui, malgré l'opinion des auteurs anglais, semble en effet ne renfermer que des scalaires, et l'autre, sous le nom de *Pyrgiscus*, Philippi, paraît, au contraire, se rapprocher des Turritelles. Cet auteur se félicite, du reste, avec un peu d'humeur, de ce que les tentatives de subdivisions se soient arrêtées là, et il faut savoir gré, dit-il, aux personnes qui auraient pu ajouter à l'encombrement de la nomenclature, de cette abstention peu commune.

Il n'y a pas de scalaire bien authentique dans les terrains primaires. Le

genre ne commence à se montrer d'une manière incontestable que dans l'étage corallien, mais les espèces ne deviennent nombreuses qu'avec la période crétacée. Cependant les espèces tertiaires sont bien plus nombreuses encore, et le genre paraît être à son maximum à l'époque actuelle.

Le calcaire grossier de Mons nous en a fourni trois espèces, toutes trois nouvelles.

SCALARIA FORMOSA, *Nov. sp.*

Pl. XII, fig. 1*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille	0,0035	—100
	Largeur —	0,001	— 28
	Hauteur de l'ouverture	0,00075	— 22
	Angle apicial		15°

Petite coquille allongée, composée de huit ou neuf tours arrondis, séparés par des sutures profondes, s'enroulant régulièrement. Les deux premiers tours sont lisses et sans ornements; les autres sont ornés de côtes transverses assez régulières, au nombre de dix à douze pour une révolution de la spire dans le voisinage du sommet, mais devenant de plus en plus nombreuses en approchant du dernier tour qui en compte vingt-quatre à vingt-six; ces côtes sont assez saillantes, assez fortes, séparées par des sillons profonds, arrondis. Ouverture ovale, arrondie, presque droite.

Remarques. — Cette belle coquille est très-régulière : les côtes transverses se prolongent sur toute la base sans rencontrer à la circonférence une côte longitudinale ou un disque qui les interrompe plus ou moins complétement, comme cela se remarque assez souvent. C'est à l'aide de ce caractère que nous pouvons distinguer notre coquille des espèces de petite taille données par Deshayes dans son second ouvrage. Nous citerons, entre autres, le *S. Eugenii*, Desh. (1865, *Anim. sans vert.*, t. II, p. 348, pl. XI, fig. 9, 10), et le *S. timida*, Desh., qui, comme le remarque l'auteur lui-même, n'en est probablement qu'une variété (p. 344, pl. XIV, fig. 4-6). Outre cette différence, ces deux espèces, de l'étage du calcaire grossier, ont aussi les tours moins arrondis et les sutures moins profondes.

FIG. 1*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie treize fois.
— 1*b*, vue par-dessus, grossie treize fois.
— 1*c*, grandeur naturelle.

SCALARIA GOSSELETI, *Nov. sp.*

Pl. XII, fig. 2*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille.	0,002	—100
	Largeur —	0,00065	— 33
	Hauteur de l'ouverture	0,0006	— 30
	Angle apicial		15°

Très-petite coquille composée de six tours arrondis, séparés par des sutures profondes. Les deux premiers sont lisses et sans ornements, les autres ornés de côtes transverses très-serrées, arrondies, séparées par des sillons profonds; elles sont très-nombreuses, et varient de vingt-cinq à quarante pour une révolution de la spire, selon que les tours se trouvent plus ou moins rapprochés du sommet; elles vont d'une suture à l'autre et se prolongent sur toute la base. Ouverture assez petite, ovale, un peu oblique.

Remarques. — Cette espèce est plus petite que la précédente (*S. formosa*) et cependant, le nombre des côtes est presque double; c'est ce qui nous empêche de les identifier. Son facies est, du reste, tout à fait différent. Nous ferons, à son égard, les mêmes remarques quant à son rapprochement des espèces du bassin de Paris.

FIG. 2*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie vingt fois.
— 2*b*, vue par-dessus, grossie vingt fois.
— 2*c*, grandeur naturelle.

SCALARIA DUMONTI, *Nov. sp.*

Pl. XII, fig. 3*a*, *b*, *c*.

DIMENSIONS :	Longueur de la coquille.	0,003	—100
	Largeur —	0,0015	— 50
	Hauteur du dernier tour	0,001	— 33
	Angle apicial		32°

Coquille assez petite, turriculée, composée de sept tours assez larges, s'enroulant régulièrement, séparés par des sutures assez profondes aux premiers tours, subcanaliculées aux derniers. Ces tours sont lisses près du sommet, mais se chargent peu à peu de côtes transverses presque droites, assez régulières, au nombre de huit à dix pour une révolution de la spire, très-saillantes à la suture postérieure qu'elles surplombent en un assez gros tubercule, et s'effaçant de plus en plus en approchant de la suture antérieure où elles disparaissent sans se prolonger sur la base. Ouverture arrondie.

Remarques. — Beaucoup de *Scalaria* vivants et fossiles offrent cette forme des côtes plus saillantes à la partie postérieure. Nous en citerons deux du bassin de Paris qui se rapprochent assez de la nôtre : le *S. Wardi,* Desh. (1865, *Anim. sans vert.*, t. II, p. 352, pl. XI, fig. 17-19), et le *S. turrella,* Desh. (*id.,* p. 352, pl. XI, fig. 23, 24). Ces deux espèces, très-voisines l'une de l'autre, ont une côte longitudinale assez prononcée à la circonférence de la base sur laquelle s'arrêtent les ornements transverses, ce qui n'existe pas dans l'espèce de Mons.

FIG. 3*a*, vue du côté de l'ouverture, grossie quatorze fois.
— 3*b*, vue par-dessus, grossie quatorze fois.
— 3*c*, grandeur naturelle.

FIN DE LA SECONDE PARTIE.

Lith. de Severeyns Bruxelles

2a
2c
2b
1a
1c
1b
3a
3c
3b
7a
7c
7b
5b
5a
6b
6a
4b
4a
8a
8c
8b
5c
11a
11c
11b
9a
9c
9b
10a
10c
10b
12a
12c
12b
13a
13c
13b
14a
14c
14b
15a
15c
15b

Duart ad nat. del

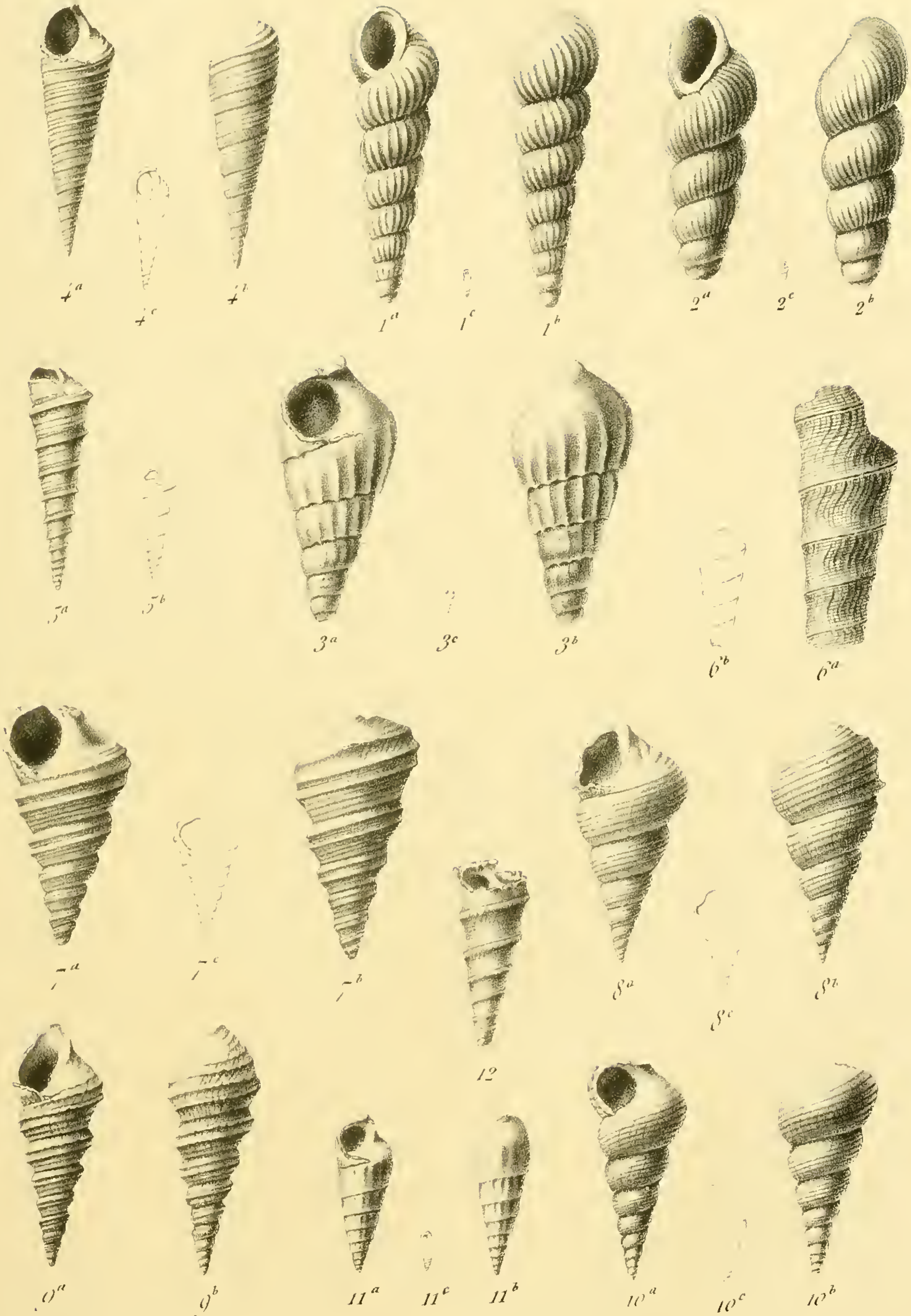
Luh. G. Severeyns Bruxelles

Lith. ad nat. del.

Lith. G. Severeyns, Bruxelles

Lith. G. Severeyns Bruxelles

Lith G Severeyns, Bruxelles



...ad nat. del

Lith G Severeyns Bruxelles

SUR

LA TENSION SUPERFICIELLE DES LIQUIDES

CONSIDÉRÉE

AU POINT DE VUE DE CERTAINS MOUVEMENTS OBSERVÉS A LEUR SURFACE;

PAR

G. VAN DER MENSBRUGGHE,

Chargé du cours de physique mathématique à l'Université de Gand, correspondant de la Société de physique de Rotterdam.

SECOND MÉMOIRE.

BUT DE CE TRAVAIL.
— COMPLEMENT ET SUITE DE L'HISTORIQUE DES RECHERCHES ANTÉRIEURES. — RÉFUTATION DE QUELQUES OBJECTIONS.
— EXPERIENCES DIVERSES. — CONCLUSION.

(Présenté a la classe des sciences de l'Académie le 1er mars 1873.)

SUR

LA TENSION SUPERFICIELLE DES LIQUIDES

CONSIDÉRÉE

AU POINT DE VUE DE CERTAINS MOUVEMENTS

OBSERVÉS A LEUR SURFACE.

BUT DE CE TRAVAIL.

§ 1. Dans mon premier Mémoire [1], je me suis proposé, on se le rappelle, d'étudier les mouvements provoqués à la surface d'un liquide lors de l'approche ou du contact d'une parcelle solide ou d'une gouttelette d'un second liquide; l'exposé de mes propres expériences à cet égard était précédé de l'historique des recherches antérieures sur la question. Or, depuis la rédaction de ce Mémoire, j'ai eu connaissance, grâce au précieux catalogue publié par la Société Royale de Londres [2], d'un certain nombre de travaux qui m'avaient échappé; d'autre part, plusieurs physiciens se sont occupés récemment des phénomènes dont il s'agit. Qu'il me soit permis, avant de passer au développement ultérieur de mon sujet, de combler d'abord les lacunes nombreuses et assez importantes de mon historique, de signaler ensuite les résultats obtenus depuis quatre ans, et enfin de décrire les expériences que m'ont suggérées ces résultats.

[1] *Mém. couronnés et Mém. des savants étrangers de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXIV, 1869.

[2] *Catalogue of scientific papers (1800-1863)*, compiled and published by the Royal Society of London.

COMPLÉMENT ET SUITE DE L'HISTORIQUE DES RECHERCHES ANTÉRIEURES.

§ 2. En 1793, San Martino [1] a essayé d'expliquer les mouvements du camphre sur l'eau en admettant que les parcelles sont électrisées négativement, tandis que le liquide possède l'électricité positive; il appuie cette opinion sur des arguments qui me paraissent bien peu concluants et sur des faits difficilement acceptables; c'est pourquoi je n'entrerai pas, à cet égard, dans plus de détails.

§ 3. En 1802, Davy [2] a observé accidentellement que de petites parcelles d'*acétite de potasse* manifestent à la surface de l'eau distillée des mouvements analogues aux précédents; les fragments les plus irréguliers tournent le plus vite, d'où l'auteur conclut que les changements de position du centre de gravité doivent intervenir; quant aux mouvements de projection, il les attribue à des courants descendant de toutes les parties saillantes de chaque parcelle, courants qui produisent autour de celle-ci des pressions inégales.

§ 4. Parmi les nombreuses expériences sur l'extension des liquides, décrites en 1805 par Carradori [3], je crois n'avoir à citer que la suivante : on dépose une grosse goutte de suc laiteux d'une euphorbiacée sur une large surface d'eau pure; aussitôt après, une portion de cette goutte s'étale, tandis qu'une autre descend à travers le liquide sous forme de filets qui touchent bientôt le fond du vase et s'y étalent à leur tour circulairement. Si alors on incline le vase de manière à laisser s'écouler une partie de l'eau, et qu'on le replace ensuite dans sa première position, l'agitation provoquée ainsi au sein du liquide fait remonter à la surface des filaments de suc laiteux, qui s'y étalent également.

Ainsi que je l'ai dit au § 20 de mon précédent Mémoire, Carradori attri-

[1] *Nuove ricerche dirette a rintracciare la causa del movimento della canfora alla superficie dell' acqua* (Nuovo Giorn. enciclopedico d'Italia, mars 1795).

[2] *Some observations upon the motions of small pieces of acetite of potash, during the solution upon the surface of water* (Journ. of the Royal Institution, vol. I, p. 314).

[3] *Dell' attrazione di superficie*, Mem. II (Mem. di matem. et di fisica della Soc. Ital. delle scienze, t. XII, 2me p.).

bue ces phénomènes à ce qu'il nomme l'*attraction superficielle*, c'est-à-dire à une adhésion entre les substances liquides mises en présence.

§ 5. Dans un article publié en 1819 [1], Barlocci se propose de décider, quant aux mouvements du camphre sur l'eau, entre la théorie de Romieu (1er Mém., § 6) et celle de Venturi (*ibid.*, § 11); pour cela, il recouvre des fragments de camphre de feuilles d'or qui empêchent le dégagement des vapeurs, mais non l'effusion du fluide électrique; dans ces conditions, les fragments ne bougent pas, d'où il résulte, suivant l'auteur, que Venturi a donné la vraie cause du phénomène, en l'attribuant à l'action des vapeurs qui se dégagent.

Barlocci fait remarquer que, pour l'expérience ordinaire, les parcelles de camphre doivent être très-irrégulières; des cubes exacts de camphre ne se déplacent pas sur l'eau, à cause de leur parfaite symétrie.

§ 6. Je dois signaler maintenant deux articles anonymes qui datent de 1824; dans l'un, dont je n'ai pas pu prendre exactement connaissance, le mouvement du camphre sur l'eau est attribué à ce que le centre de gravité de chaque parcelle et le centre de poussée correspondant ne se trouvent pas, en général, sur une même verticale; dans l'autre [2], on prétend qu'il faut rejeter cette opinion, parce que, si elle était fondée, tout corps flottant irrégulier devrait présenter sur l'eau les mêmes phénomènes que le camphre; aussi l'auteur soutient qu'il faut admettre la théorie de Prévost (1er Mém., § 9).

§ 7. En 1825, les frères Weber [3], dans leur ouvrage sur la théorie des ondes, décrivent plusieurs faits relatifs à l'extension des liquides, mais sans donner aucune explication précise; voici l'un de ces faits : si l'on enduit d'un peu d'huile de lavande le côté droit de l'une des extrémités d'une plume d'oie et le côté gauche de l'autre extrémité, puis qu'on dépose la plume sur un large bassin d'eau pure, on la voit tourner vivement en sens inverse du dégagement de l'huile.

[1] *Sul moto della canfora nell' acqua* (Giorn. Arcad. di Sci., Rome, t. II, p. 226).

[2] F. B. *On the cause of rotatory motion of camphor in water* (Thomson, Annals of Philosophy, or Magazine of chemistry, etc., 2me série, vol. VIII, pp. 75-76).

[3] *Die Wellenlehre*, §§ 49-77.

Fechner [1] s'est appuyé sur cette expérience pour confirmer la théorie de Fusinieri (1er Mém., § 21).

§ 8. Trois ans plus tard, August [2] a repris une expérience due à Wirth [3] et dont voici la description : une boule métallique est suspendue à une petite distance de la surface de l'eau, où l'on a projeté des parcelles de cire à cacheter; en approchant les mains des deux côtés de la boule, on voit les parcelles exécuter différents mouvements. August a observé de plus le phénomène produit par l'action des mains seules ou d'un cylindre chauffé; au lieu d'expliquer, comme le fait Wirth, ces déplacements superficiels par un effet magnétique du corps humain, il les attribue à des courants d'air provenant de différences de température.

§ 9. M. Challis [4] a essayé, en 1836, de rendre raison de l'étalement d'une goutte d'huile sur l'eau pure, par la considération de l'angle entre la surface libre de cette goutte et la surface commune des deux liquides; il regarde comme probable, d'après ce qu'il a exposé dans un précédent article sur la théorie de l'action capillaire, que cet angle doit être très-petit, et que, par suite, une mince lamelle d'huile doit s'étendre sur toute la surface de l'eau; il pense, en outre, que les mêmes principes montrent pourquoi une deuxième goutte d'huile prend la forme lenticulaire. C'est à peu près la même théorie que M. Paul du Bois-Reymond a reproduite dans un travail publié en 1858 (Voir mon 1er Mém., § 27).

§ 10. Deux années après, Morren a signalé [5], outre le *Schinus molle* (poivrier d'Amérique), dont les feuilles posées sur l'eau [6] reculent toujours par

[1] *Notiz, die Bewegung des Kampfers auf Flüssigkeiten betreffend* (Kastner 's Archiv für die gesammte Naturlehre, 1826, vol. IX, p. 408).

[2] *Ueber die von Dr Wirth in Erlangen beobachtete Bewegung schwimmender Körpertheilchen auf die Oberfläche des ruhigen Wassers* (Ann. de M. Poggendorff, 2me série, vol. XIV, p. 429).

[3] Kastner 's Archiv für Naturkunde, vol. XIII, p. 167.

[4] *On the phœnomena of drops of oil floating on water* (Philos. Magaz., t. VIII, p. 288).

[5] *Sur une matière qui tournoie dans l'eau à la manière du camphre* (Corresp. mathém. et phys. de M. Quetelet, 1838, t. X, p. 339).

[6] Ce fait se trouve probablement décrit aussi dans le travail suivant de Savi : *Alcune osservazione sopra un fenomeno fisico presentado dalle fronde delle Schinus molle gettate che siano sull' acqua* (Mem. Valdarnesi, 1837, t. II, p. 117, et Ann. Sci. Nat., 1840, t. XIII, p. 339). Je n'ai pu me procurer cet article.

secousses en couvrant bientôt la surface du liquide d'une couche d'huile très-odorante, une autre plante, la *Passiflora fœtida*, qui présente des poils jouissant d'une propriété curieuse : « quand on plonge dans l'eau un de ces poils, il s'en détache » dit l'auteur « une gouttelette d'huile verte qui surnage : aussitôt un mouvement intestinal s'y manifeste, la gouttelette s'étend, puis se rétrécit, puis s'étend encore pour se contracter; bientôt elle semble éclater avec force, et alors la plaque qu'elle forme se déchire par des solutions de continuité qui se rétrécissent à leur tour pour prendre plus d'étendue une seconde après. Ces masses détachées tournoient, s'élancent au loin, prennent des figures de toute espèce; c'est un combat où tout est en mouvement..... Il est infiniment probable qu'il y a là une matière volatile qui, aussi longtemps qu'elle se dissipe, produit ces mouvements gyratoires. »

Une expérience du même genre que celle de Morren est due à Zantedeschi [1]; elle consiste dans l'extension d'une petite quantité d'acide valérianique sur l'eau distillée.

A ces faits se rattache encore un phénomène observé par Jessop vers 1773 [2] : ayant posé sur l'eau pure une mouche trouvée morte dans une tasse contenant de l'huile, il vit cette mouche tourner rapidement, comme si elle avait été vivante; pour montrer que ces mouvements n'avaient pas lieu parce que la mouche revenait à la vie, Jessop les provoqua avec de petits morceaux de papier huilés et taillés en forme de croissant; le déplacement de ces morceaux avait lieu en sens inverse du mouvement de projection apparente de l'huile. L'expérience réussit le mieux sur une grande surface d'eau pure. L'auteur attribue l'extension de l'huile à une certaine répulsion qu'éprouvent les particules grasses les unes pour les autres.

§ 11. Brewster a fait connaître incidemment, en 1841, quelques faits curieux concernant l'étalement des liquides sur les corps solides ou liquides [3]; il a remarqué, par exemple, que si, après avoir réalisé un système d'anneaux

[1] Cette expérience est décrite par Bizio dans sa *Dynamica molecolare* et citée par M. Luvini (Cours de phys., p. 256).

[2] *Journal des savants*, pour 1774, p. 191.

[3] *On the phenomena of thin plates of solid and fluid substances exposed to polarized light* (Phil. Transact., Ire partie, p. 45).

colorés par le dépôt d'une goutte d'huile de laurier sur l'eau ou sur l'encre, on approche une épingle dont la tête est mouillée avec de l'eau, de l'alcool ou de l'huile de laurier même, et qu'on tienne la tête de l'épingle très-près de la lame d'huile. celle-ci s'écarte en formant des ondes circulaires qui dessinent un nouveau système d'anneaux. Dès qu'on retire l'épingle, la lame est ramenée à son état primitif. Le même effet est produit avec une tige métallique chauffée ou bien mouillée d'un liquide chaud.

L'auteur a observé les mouvements bizarres qui se manifestent sur de très-petites lames liquides réalisées dans des anneaux; on y voit des courants qui partent du bord et du centre de l'anneau; les lames s'amincissent en certains points, ce qui donne naissance à un système irrégulier d'anneaux et à un jeu incessant de teintes variables, comme si le fluide était animé. Ces phénomènes sont particulièrement beaux avec les lames d'essence de menthe verte, d'absinthe, d'huile de lin, de bergamotte, de romarin, etc.

§ 12. En 1842, M. Doyère [1] a énoncé les cinq propositions suivantes, qu'il avait l'intention de développer dans un Mémoire spécial; mais je n'ai pu trouver ce travail nulle part.

« 1° Les mouvements centrifuges qui sont produits sur les surfaces liquides propres par les vapeurs de l'éther, du camphre, de l'ammoniaque, du sulfure de carbone et d'un grand nombre d'autres corps vaporisables, n'ont point leur cause dans la force répulsive de ces vapeurs.

2° Une même vapeur peut produire sur des liquides différents des mouvements centrifuges et des mouvements centripètes.

3° La force qui produit les mouvements centrifuges ou centripètes se développe dans la surface propre même, ce qui est le premier et le plus essentiel des caractères assignés par Dutrochet à la force épipolique.

4° Les mouvements d'élévation et d'abaissement que prend une goutte d'eau sur une surface mercurielle propre lorsqu'on la fait traverser par un courant voltaïque, sont également déterminés par l'influence des vapeurs sur une goutte d'eau et de beaucoup d'autres liquides placés de même sur une surface mercurielle propre.

[1] *Nouvelles observations concernant les effets des forces épipoliques* (Comptes rendus, t. XV, p. 176).

5° Enfin les mouvements épipoliques centrifuges ou centripètes peuvent être déterminés dans les surfaces propres par une élévation ou un abaissement de température..... Une nacelle de clinquant dans laquelle on dépose un charbon ardent ou bien de la baryte, de la chaux légèrement humectée de manière qu'il y ait production de chaleur, se meut sur l'eau à la façon du camphre. »

Je regrette beaucoup de n'avoir pu rencontrer le développement de ces diverses propositions, qui, nous le savons maintenant, sont parfaitement conformes à la théorie de la tension superficielle.

§ 13. Un autre travail qui n'est pas cité dans mon historique, est celui où M. Duprez [1] décrit ses expériences si intéressantes au sujet de la suspension des liquides dans des tubes verticaux de différents diamètres, et dont l'orifice est tourné vers le bas; en partant de la théorie des pressions qu'exerce la couche superficielle d'un liquide quelconque, l'auteur a trouvé que le diamètre intérieur maximum qu'on peut donner au tube sans que la surface terminale inférieure du liquide cesse d'être en équilibre stable et conséquemment sans que l'écoulement se produise, est égal à $5{,}485\sqrt{h}$, h étant la hauteur capillaire du liquide considéré dans un tube de 1^{mm} de rayon. On comprend sans peine que cette limite théorique ne peut être atteinte rigoureusement, mais M. Duprez a constaté qu'on peut en approcher beaucoup; comme conséquence immédiate, il a constaté que, tandis qu'une colonne d'eau se maintient suspendue dans un tube dont le diamètre est intermédiaire entre la limite réalisable relative à l'eau distillée et celle qui se rapporte à l'huile d'olive, cette même colonne s'écoule aussitôt après l'extension d'une gouttelette d'huile d'olive à la surface inférieure de l'eau. Je reviendrai plus loin sur ces curieuses expériences.

§ 14. En 1865, M. Cantoni a publié un ouvrage [2] dans lequel, à propos de l'étalement des huiles sur l'eau, il indique la pesanteur comme la cause principale et les différences de volatilité, de cohésion, de viscosité et de den-

[1] *Mémoire sur un cas particulier de l'équilibre des liquides* (Mém. de l'Acad. roy. de Belgique, 1854, t. XXVI, et 1855, t. XXVIII).

[2] *Sunto delle lezione di fisica date nel 1864-65 nella R. Univ. di Pavia*, Milano, p. 125, § 29.

sité comme les causes accessoires du phénomène; à ces considérations il mêle le nom de la tension superficielle des liquides, mais sans faire connaître le mode d'action de la force qu'il désigne ainsi.

§ 15. La même année, M. Marangoni a fait paraître une brochure fort remarquable [1], où il étudie l'extension d'une goutte liquide sur un autre liquide, en partant du principe de la tension superficielle. Voici les conditions que l'auteur assigne à cette extension :

1° Le liquide qui s'étale doit être moins dense que l'autre, afin qu'il puisse flotter sur ce dernier.

2° Il doit avoir une force contractile plus petite que celle du liquide sur lequel il est déposé.

3° Les deux liquides doivent adhérer suffisamment entre eux, de telle sorte que la force contractile de la surface commune augmentée de celle de la goutte même, soit moindre que celle du liquide sous-jacent.

4° Enfin le liquide qui soutient la goutte doit être assez mobile pour que le glissement de la surface qui tend à se contracter puisse avoir lieu.

M. Marangoni cite le mercure comme présentant une anomalie frappante, non-seulement en ce que beaucoup d'autres liquides n'ont avec lui qu'une adhérence insuffisante pour permettre l'extension, mais encore en ce que les liquides à très-faible tension comme l'alcool et l'éther ne s'y étalent qu'avec beaucoup de lenteur, malgré la grande intensité de la force agissante; il croit pouvoir expliquer cette dernière circonstance, en disant que le mercure a une très-forte viscosité superficielle qui rend les mouvements d'extension très-difficiles.

L'auteur décrit une jolie expérience pour montrer comment la force contractile se modifie au contact de deux liquides; il prend un tube capillaire et y introduit une petite colonne formée d'un index d'eau et d'un index de sulfure de carbone mis en contact l'un avec l'autre; en maintenant horizontal le tube ainsi préparé, il observe les deux faits suivants : en premier lieu, la colonne liquide se meut du côté de l'eau, et pour en établir l'équilibre, il faut soulever notablement le tube de ce côté; en second lieu, la surface de séparation des

[1] *Sull' espansione delle goccie d'un liquido galleggianti sulla superfice di altro liquido.* Pavie, chez Fusi, 1865.

deux index forme un ménisque dont la concavité regarde le sulfure de carbone. L'auteur démontre, en partant de cette expérience, que la tension à la surface commune de deux liquides est moindre que la différence des tensions des deux liquides mis en contact.

Enfin M. Marangoni explique par des changements de tension les mouvements qu'on observe parfois sur l'eau des étangs peu profonds que l'action du soleil échauffe inégalement, grâce à la distribution de l'ombre des objets voisins; la différence de température des couches superficielles y produit une variation de la force contractile, et les parties liquides les plus échauffées se meuvent vers les portions plus froides où la tension est plus forte.

On le voit, l'auteur a trouvé, dès 1865, la vraie théorie de l'extension des liquides les uns sur les autres; il faut donc rectifier dans ce sens le passage de mon premier Mémoire (1re note du § 44) où je cite Dupré de Rennes comme ayant donné le premier la condition générale de ce phénomène. Si, en 1869, je n'ai pu analyser le beau travail de mon savant ami de Florence, cette circonstance regrettable est due au manque de publicité de sa brochure.

§ 16. En 1868, M. Pisati [1] a repris l'étude de l'extension des huiles sur l'eau en se servant d'un large vase dont la paroi intérieure était couverte d'un vernis noir. L'auteur décrit les phénomènes avec beaucoup de soin, savoir la manière dont les lames produites se transforment en une sorte de réseau, puis en une série de lentilles d'autant plus petites qu'elles proviennent de portions laminaires plus minces, et ensuite la transformation successive de ces lentilles elles-mêmes en d'autres plus petites encore. Il a eu l'idée de renouveler la couche superficielle des liquides en faisant arriver de l'eau au fond du vase, jusqu'à la faire déborder, et il a vu alors les petites lentilles s'étaler et donner lieu aux mêmes phénomènes que dans la première extension. Les résultats sont le plus prononcés quand on se sert de gouttes extrêmement minimes.

M. Pisati a pu observer aussi, à l'aide du microscope, un fait que j'ai signalé de mon côté (1er Mémoire, § 52), savoir que les lames, immédiatement

[1] *Dell' espansione delle goccie liquide sulla superficie di altri liquidi* (Rendiconti dell. Real. Istituto Lomb., vol. I, fasc. XIX, p. 893).

après leur extension, présentent de longues stries qui se résolvent graduellement en lentilles.

Le physicien italien décrit ensuite deux expériences curieuses qui montrent, selon lui, jusqu'à quel degré surprenant l'extension d'une gouttelette d'huile est susceptible de produire des effets mécaniques : ainsi un plateau de cristal pesant 450 grammes et flottant sur l'eau bien pure, est sensiblement repoussé lors de l'étalement d'une gouttelette dont le poids est inférieur à un demi-milligramme; en second lieu, si l'on fait flotter une série de 20 capsules de verre pesant chacune 4 grammes et disposés sur deux rangées, ces capsules sont repoussées jusqu'au bord du vase par l'étalement d'une gouttelette à peine visible et pesant au plus $\frac{1}{50}$ de milligramme.

Enfin l'auteur a examiné ce qui se passe quand on dépose à la fois ou à de petits intervalles de temps deux ou plusieurs gouttes d'un même liquide sur la même surface; il a constaté qu'avec deux gouttes d'égale grosseur, posées simultanément sur l'eau, les lames se rencontrent suivant une ligne bien distincte et coupant normalement en son milieu la droite qui joindrait les centres de ces lames. Si les gouttes sont de diamètres différents, la rencontre s'opère encore à égale distance des points où a eu lieu le dépôt, mais la plus grande repousse la plus petite; enfin, si les gouttes sont de nature et de grandeur différentes, les lames se rencontrent à des distances inégales des centres, et l'une d'elles repousse l'autre.

Quant à la théorie de ces phénomènes, M. Pisati paraît se ranger provisoirement à l'opinion de Fusinieri (1^er^ Mém., § 21).

§ 17. Après avoir complété, autant que possible, l'historique de mon premier Mémoire, je vais passer rapidement en revue les recherches publiées depuis trois ans sur le même sujet.

Dans un travail remarquable [1], imprimé un mois environ après que le mien eut été présenté à l'Académie royale de Belgique, M. Lüdtge fit voir que si l'on dépose une goutte d'huile sur une lamelle circulaire d'eau pure de 1,5 à 2 centimètres de diamètre, cette goutte s'étend en une lamelle qui

[1] *Ueber die Ausbreitung der Flüssigkeiten auf einander* (Ann. de M. Poggendorff, vol. CXXXVII, p. 562).

se substitue à la première, et que, de même, la lamelle d'huile peut être remplacée par une autre formée d'eau de savon; il pense que tout liquide jouissant de la propriété de s'étaler sur un autre, est susceptible de fournir des lamelles qui se substituent à celles de ce dernier.

Pour appuyer cette supposition, il étudie l'extension de certains liquides sur une couche mince d'un autre liquide recouvrant soit la surface d'une plaque de verre, soit celle d'un troisième liquide; la substitution s'opère comme sur une lamelle libre, seulement elle est plus lente et moins régulière.

M. Lüdtge signale ensuite l'anomalie apparente qu'offre le mercure sur lequel s'étalent l'huile, la benzine, l'alcool, etc., tandis que l'eau y affecte la forme d'un segment sphérique; d'après l'auteur, la solution de savon de Marseille formée d'une partie de savon et de quarante parties d'eau distillée, conserve aussi la forme lenticulaire sur le mercure; ce résultat me paraît étrange, car j'ai constaté (§ 49 de mon 1er Mémoire) qu'une parcelle de savon dur mise en contact avec une gouttelette d'eau distillée reposant sur le mercure, détermine aussitôt l'étalement; j'ai d'ailleurs trouvé que la solution à $\frac{1}{40}$ employée directement, s'étend très-bien sur le mercure.

L'auteur s'occupe alors de la recherche de la condition d'où dépend l'étalement. Parmi les conclusions générales auxquelles il parvient, je me bornerai à citer les principales :

1° Étant donnés deux liquides dont l'un a une tension plus grande que l'autre, une gouttelette de celui-ci s'étend à la surface du premier, toutes les fois que la plus petite des deux tensions est inférieure à l'adhésion mutuelle des deux liquides.

2° Réciproquement une gouttelette du liquide ayant la plus forte tension conserve sur le second liquide la forme lenticulaire, et se recouvre d'une couche mince de ce dernier.

3° Tous les liquides qui satisfont à la première condition peuvent être rangés de telle manière que chacun d'eux s'étale sur le suivant, mais que jamais l'inverse n'ait lieu.

4° Le phénomène de l'étalement est d'autant plus prononcé que les liquides se mêlent plus difficilement, et que la différence de leurs tensions est plus grande.

5° On peut aussi produire l'extension d'un liquide sur lui-même; il suffit pour cela que la température de la goutte soit notablement supérieure à celle de la masse liquide où le dépôt a lieu.

On le voit, ces résultats se trouvent compris implicitement dans la proposition II de mon premier Mémoire (§ 39); quant à la condition théorique de l'étalement, elle est absolument identique à celle qu'ont donnée M. Marangoni (§ 15), puis Dupré de Rennes (p. 375 de sa *Théorie mécanique de la chaleur*), et revient, en définitive, à la formule que j'ai trouvée moi-même (1er Mém., § 44).

§ 18. Peu de temps après, M. Quincke [1] fit paraître le résumé d'un beau Mémoire sur les constantes capillaires à la surface commune de deux liquides; dans ce travail, il cherche d'abord la condition d'équilibre d'une grosse goutte liquide immergée dans un autre liquide moins dense avec lequel elle ne se mêle pas, et en déduit la tension superficielle qui règne à la surface commune; il trouve que, lorsque la goutte est suffisamment grande pour que la surface supérieure soit sensiblement plane, cette tension équivaut à la demi-différence des densités multipliée par le carré de la distance verticale de la portion supérieure de la goutte à l'élément vertical de la ligne méridienne.

Par l'annulation de la densité du fluide ambiant, ce théorème permet d'obtenir la valeur de la tension d'une surface libre. Lorsque les liquides mis en présence peuvent se mêler en toutes proportions, la tension superficielle de leur surface commune est nulle.

M. Quincke décrit encore trois autres procédés à l'aide desquels il détermine la tension à la surface commune de deux liquides; puis il passe à la théorie de l'extension d'un liquide sur un autre; à cet égard, il retrouve la loi de M. Marangoni (§ 15), et énonce les propositions suivantes :

1° Étant donnés trois liquides 1, 2, 3 et les tensions superficielles α_{12}, α_{23}, α_{31} des surfaces communes à ces liquides pris deux à deux, le liquide 3 s'étale à la surface commune des liquides 1 et 2, lorsque $\alpha_{12} < \alpha_{31} - \alpha_{23}$.

2° Si les liquides susceptibles de se mêler en toutes proportions, et pour

[1] *Ueber Capillaritäts-Erscheinungen an der gemeinschaftlichen Oberfläche zweier Flüssigkeiten* (Extrait publié par la Soc. roy. de Goettingue, en oct. 1869). Voir aussi Ann. de M. Poggendorff, t. CXXXIX, pp. 1-89.

lesquels α_{12} est conséquemment nul, sont rangés de telle manière que chacun d'eux s'étale sur le précédent, ils constituent une série identique à celle des liquides classés par ordre décroissant de leurs tensions superficielles.

L'auteur a étudié aussi le phénomène de l'extension avec des métaux fondus; par exemple, l'or fondu a, suivant les mesures prises par l'éminent physicien allemand [1], une tension de 131,5 milligrammes, tandis que la tension du plomb fondu est seulement de 45,66 milligrammes à 330° et doit conséquemment être bien moindre encore à 1200°, température de fusion de l'or; on comprend aisément, d'après cela, qu'en déposant une quantité minime de plomb sur une goutte d'or fondu, il ait vu celle-ci s'affaisser aussitôt et se recouvrir d'une mince couche du premier métal. L'expérience a réussi également quand il a substitué l'argent à l'or, bien que la tension de l'argent fondu ne soit que de 79,75 milligrammes.

M. Quincke termine son travail par l'étude de l'extension de l'eau sur le mercure; ainsi que je l'ai dit dans le § 49 de mon précédent Mémoire, l'eau prend habituellement la forme d'un segment sphérique à la surface du mercure, malgré la grande différence entre les tensions des deux liquides supposés purs. L'auteur est parvenu à faire disparaître cette anomalie, en débarrassant, par un procédé qu'il indique, le mercure de toute trace de substances étrangères et surtout d'une huile grasse ou essentielle quelconque.

§ 19. Dans une lettre insérée en octobre 1869 aux Annales de M. Poggendorff [2], je décris, à propos du travail de M. Lüdtge (§ 17), quelques expériences nouvelles relatives à l'extension des liquides les uns sur les autres. En premier lieu, j'examine la forme que prend une bulle creuse de solution de saponine, quand on la dépose à la surface de l'eau distillée; cette forme, au lieu d'être sensiblement hémisphérique, est celle d'une calotte aplatie. La deuxième expérience consiste à déposer sur une pareille calotte de solution de saponine placée à la surface de l'eau distillée, une grosse goutte de solution de savon; celle-ci s'étend de toutes parts sous l'influence de la

[1] *Ueber die Capillaritäts-Constanten geschmolzener chemischen Verbindungen* (Ann. de M. Poggendorff, 1868, t. CXXXVIII, p. 141).

[2] *Ueber die oberflächliche Spannung der Flüssigkeiten* (Ibid., Ibid., p. 325). Voir aussi *Les Mondes*, t. XXI, p. 302.

tension prépondérante de la solution de saponine, et constitue bientôt elle-même une calotte qui remplace la première; j'ai observé, en outre, qu'au moment où l'eau de savon touche la surface ambiante de l'eau distillée, la calotte est tellement aplatie que l'angle du bord est à peine de 45°; enfin la nouvelle calotte, dans les premiers instants de sa formation, offre presque toujours une figure bizarre et tourmentée, parce que rarement l'eau de savon atteint simultanément tous les points du contour de la lame primitive. Ces expériences réussissent également avec une solution d'albumine. En troisième lieu j'indique les variations de forme qu'éprouve un fil de cocon engagé dans une lame de solution de saponine, quand on dépose une goutte de solution de savon sur cette lame. Enfin les deux dernières expériences se rapportent aux changements de forme que produisent les inégalités de pression dans une lentille laminaire d'albumine réalisée dans un anneau en fil de fer, lors du dépôt d'une petite quantité d'eau de savon sur l'une de ses faces.

§ 20. A la fin de la même année 1869, M. Tomlinson, dans une Note [1] où il m'a fait l'honneur d'exprimer une opinion très-favorable sur ma théorie, s'est occupé de nouveau de la question de la rotation du camphre à la surface de certains liquides. Ainsi que je l'ai dit dans le § 15 de mon travail précédent, M. Tomlinson avait trouvé que le camphre placé sur de minces feuilles d'étain flottant à la surface de l'eau, ne leur imprime pas de mouvement; or ce résultat est en désaccord complet avec celui qu'a obtenu Prévost dans les mêmes circonstances. Persuadé que si le fait constaté par ce dernier est exact, la théorie de la réaction n'est plus soutenable, le physicien anglais avait multiplié ses essais, en se servant de petites feuilles d'étain ou de liége, mais il n'avait jamais observé de mouvement, sauf dans le cas où l'eau touchait le morceau de camphre. J'avais attribué cet insuccès (§ 38) à ce que les supports employés constituaient une masse trop grande pour se mouvoir dans les conditions indiquées. M. Tomlinson a bien voulu vérifier l'exactitude de mon assertion par l'observation directe; à cet effet, il a choisi comme support un petit carré de mica, et dès lors il s'est produit des mou-

[1] *On the motions of camphor on the surface of water* (Philos. Magaz., 4me série, vol. XXXVIII, p. 409).

vements qui ont même duré une semaine entière; seulement ils sont devenus de plus en plus lents, sans doute parce que, comme l'a prouvé M. Hagen, la tension de l'eau diminue graduellement par l'exposition du liquide à l'air. De mon côté, j'ai répété la même expérience avec le mercure, et j'ai trouvé que la lamelle de mica portant un fragment de camphre, exécute des mouvements très-prononcés.

M. Tomlinson, après avoir approuvé ma théorie de la rotation des parcelles solides à la surface de certains liquides (§ 53 de mon Mém.), ajoute qu'il ne voit pas comment s'explique, d'après mes idées, l'expérience de Prévost relativement aux petits déplacements du camphre sur une surface solide plane; mais il est fort probable (et M. Tomlinson lui-même a bien voulu depuis m'exprimer la même opinion) que si les fragments de camphre ne se tiennent pas absolument immobiles, cela provient uniquement de ce que certains angles sur lesquels ils reposent, disparaissent par l'évaporation, ce qui détermine nécessairement de petites trépidations.

L'auteur termine son travail en rappelant quelques expériences curieuses qu'il a faites avec des huiles essentielles débarrassées de toute matière oxydée : une goutte d'une de ces huiles déposée sur l'eau distillée conserve la forme lenticulaire et n'arrête pas la rotation du camphre, ce qui indique que les liquides en question n'influent pas sur la tension de l'eau ambiante. A ce propos, je dois déclarer qu'ayant essayé l'étalement d'une goutte d'essence de térébenthine fraîchement distillée, en la déposant à l'intérieur du contour fermé d'un fil de cocon flottant sur l'eau pure, j'ai vu le fil dessiner une circonférence parfaite, bien que la goutte fût sous forme lenticulaire et que la portion étalée échappât complétement à l'œil. Je suis donc porté à croire que les huiles essentielles distillées ne font pas exception aux lois générales de l'extension des liquides.

Quelques semaines après, M. Tomlinson a publié un article [1] sur les mouvements de certains liquides à la surface de l'eau; il rattache à la théorie que j'ai proposée pour expliquer les expériences de Prévost et de Wilson

[1] *On the motions of certain liquids on the surface of water* (Phil. Magaz., 4me Série, vol. XXXIX, p. 32).

(1er Mém., § 3), une observation intéressante due à Macquer [1] et consistant en ce que, si une petite masse d'or est fondue au moyen d'une puissante lentille, une poudre fine répandue à la surface est dispersée comme par l'action d'un souffle énergique; de plus, on peut conclure de ce que dit Macquer que les parcelles sont toujours repoussées vers les parties situées à l'opposite du soleil. Ce dernier observateur attribuait l'effet ci-dessus à l'impulsion des rayons solaires; aujourd'hui les phénomènes de ce genre s'expliquent avec la plus grande facilité; car il résulte des belles recherches de M. Quincke [2] que la tension de l'or est énorme par rapport à celle de l'eau distillée; comme d'ailleurs la tension augmente à mesure que la température diminue, on comprend que la poudre sera toujours vivement attirée par les portions les moins chaudes, ainsi que l'avance le savant français.

M. Tomlinson énonce alors ma première proposition concernant les mouvements produits sur l'eau par l'action de certaines vapeurs; il ajoute aux expériences que j'ai décrites, plusieurs autres qu'il a imaginées lui-même et qui montrent encore très-nettement les courants centrifuges ou centripètes. Parmi les faits que rapporte le physicien anglais, je signalerai les courants centripètes développés respectivement par les vapeurs de chloroforme et d'ammoniaque sur des lames de vernis du Japon et d'huile de goudron étalées à la surface de l'eau.

Enfin l'auteur, avec une bienveillance dont je ne puis assez le remercier, cite encore beaucoup d'expériences à l'appui de mes vues théoriques. Comme je l'ai dit dans mon premier historique, M. Tomlinson avait étudié depuis plus de dix ans le phénomène de l'extension des huiles et les mouvements de certains corps solides sur l'eau distillée; aussi je n'hésite pas à voir en lui le physicien qui a le mieux préparé la vraie théorie de ces phénomènes, grâce aux soins scrupuleux avec lesquels il a décrit les faits, en même temps qu'au nombre et à la variété de ses expériences; je me plais à ajouter que la lecture de ses travaux a le plus contribué à me suggérer les idées développées dans mon premier Mémoire.

[1] *Dictionn. de chimie*, Paris, 1778; voir l'article : *Verre ardent.*

[2] *Ueber die Capillaritäts-Constanten geschmolzener chemischen Verbindungen* (Ann. de M. Poggendorff, 1868, vol. CXXXVIII, p. 141).

§ 21. Au mois de Février 1870, M. Paul du Bois-Reymond [1] s'est occupé de nouveau de la question; il rappelle qu'il a attribué [2] l'extension d'un liquide sur un autre en partie à un simple effet capillaire, en partie à des forces encore inconnues et ayant leur siége dans les couches suffisamment minces de certains liquides (1er Mém., § 27).

A propos des mouvements observés à la surface des liquides sous l'action des vapeurs, l'auteur trouve que mon explication de ces faits est vague et peu précise, et prétend que j'ai appelé à mon secours des considérations non démontrées.

J'avais dit que les courants centripètes provoqués sur l'alcool par la vapeur du sulfure de carbone sont dus à l'accroissement de tension dans la portion alcoolique immédiatement soumise à l'influence de cette vapeur; l'auteur ne se rallie pas à cette opinion; selon lui, le fait provient de la formation de petits flocons naissant dans le mélange d'alcool et de sulfure de carbone, flocons qui tombent assez vivement dans le liquide pour donner lieu à un courant; « ce courant, » dit-il, « doit produire à la surface de l'alcool un courant centripète destiné à remplacer le liquide emporté. »

Enfin, M. du Bois-Reymond revient sur un phénomène décrit pour la première fois en 1853 par M. Plateau [3], savoir sur la production d'un système permanent d'anneaux colorés par l'extension d'une lame d'alcool incessamment renouvelée à la surface de l'huile d'olive. Ce phénomène, que l'auteur appelle étalement stationnaire, lui paraît inexplicable dans la théorie de la tension superficielle; « car, » dit-il, « les ressorts capillaires acquièrent dans ce cas une tension invariable, et dès lors ce ne sont pas eux qui chassent constamment l'alcool et l'huile loin du centre. » Il conclut en émettant la conviction formelle que l'extension ci-dessus est due à une force répulsive inhérente à la couche mince alcoolique.

Je reviendrai plus loin sur les objections de M. P. du Bois-Reymond.

[1] *Ueber den Antheil der Capillarität an den Erscheinungen der Ausbreitung der Flüssigkeiten* (Ann. de M. Poggendorff, vol. CXXXIX, p. 262).

[2] *Experimental-Untersuchungen ueber die Erscheinungen, welche die Ausbreitung von Flüssigkeiten auf Flüssigkeiten hervorruft* (Ibid., vol. CIV, p. 193).

[3] *Sur une production curieuse d'anneaux colorés* (Journ. le Cosmos, 2me année, vol. III, p. 191).

§ 22. A la même époque, M. Marangoni a publié un article [1] qui n'est que la reproduction du travail cité au § 15, et où l'auteur réclame à juste titre la priorité quant à la théorie de l'extension des liquides les uns sur les autres.

§ 23. Un mois après, M. Lüdtge [2] a communiqué une Note où il cherche à établir ce principe bizarre que la tension d'une lame liquide augmente à mesure que cette lame devient plus mince. Entre autres faits sur lesquels il appuie sa proposition, il énonce le suivant : Quand on dépose sur une large lame de solution de bois de Panama une très-petite gouttelette de savon, on voit la substitution d'une lame de ce dernier liquide à la première s'effectuer seulement sur un espace circulaire assez restreint; la lame d'eau de savon acquiert, suivant l'auteur, une tension plus grande à mesure qu'elle s'amincit davantage; elle doit donc avoir bientôt une force contractile qui équivaut à celle de la solution environnante, et dès lors l'extension s'arrête.

§ 24. En 1870 encore, M. Duclaux [3] a appliqué le principe de la tension superficielle des liquides à la recherche de l'une des conditions de stabilité des émulsions. Voici le raisonnement qui sert de point de départ au physicien français : « La tension superficielle d'une goutte liquide extrêmement petite renfermée à l'intérieur d'un autre liquide est d'autant plus faible que ces liquides ont des tensions superficielles plus voisines. Si donc on amène deux de ces gouttelettes en contact, la tension qui intervient pour les réunir en une seule étant très-réduite, la réunion devra se faire très-difficilement. Or une émulsion est précisément formée par la dissémination d'un nombre infini de gouttelettes très-fines d'un liquide au sein d'un autre liquide. En conséquence, si les conclusions précédentes sont exactes, une émulsion devra, toutes choses égales d'ailleurs, être d'autant plus stable que les liquides en présence auront des tensions superficielles plus voisines. »

L'auteur montre, par des expériences variées, la justesse de ses indications théoriques.

[1] *Sulle espansione delle goccie sulle superfice liquidi* (Nuovo Cimento, 2me Série, t. III, Février et Mars 1870).

[2] *Ueber die Spannung flüssiger Lamellen* (Ann. de M. Poggendorff, vol. CXXXIX, p. 620).

[3] *Sur la tension superficielle des liquides* (Ann. de chim. et de phys. de Paris, 4me Série, t. XXI, p. 378).

§ 25. Au mois d'Avril 1871, M. Mellberg [1] a présenté à l'Université de Helsingfors, une thèse où il expose les principes de ma théorie et les faits qui les confirment; il admet sans réserve mes deux propositions générales, (1er Mém., §§ 34 et 39); seulement il revient sur l'explication de quelques expériences que j'ai citées à l'appui, notamment sur celles de Saussure (1er Mém., § 19) et de M. J. Thomson (*Ibid.*, § 28); d'après l'auteur, l'évaporation n'agit pas assez rapidement dans le cas d'un mélange d'eau et d'alcool pour produire des gouttes sur la paroi intérieure au-dessus du niveau du liquide; M. Mellberg attribue la production de ces gouttes à l'eau qu'entraîne l'alcool le long des parois et au partage subit du mélange en deux couches dont la plus aqueuse est en contact avec l'air et se change aussitôt en une série de gouttes ou lentilles.

§ 26. Au commencement de l'année 1872, M. De Eccher [2] a publié une Note préliminaire où il décrit les effets de certaines vapeurs sur les lames d'huile étalées à la surface de l'eau; il avance que, pour expliquer ces effets, on doit invoquer non-seulement l'évaporation, mais encore une véritable action à distance. A l'appui de cette assertion, l'auteur dit que si une goutte d'huile d'olive vieille se trouve étalée sur l'eau pure, il suffit d'approcher une goutte de la même huile ou d'eau de savon, d'une portion uniformément teintée pour y voir naître bientôt de petits anneaux colorés. J'ai essayé de constater aussi ce fait, mais je n'y ai pas réussi, peut-être parce que les petits anneaux qu'a vus l'auteur étaient dus à des différences de température, ou bien parce que l'huile d'olive dont je me suis servi, bien qu'elle répandît une odeur rance, n'était pas assez vieille.

§ 27. Au mois d'Avril 1872, M. Marangoni [3] est revenu sur l'anomalie que présente le mercure quant à l'expansion des gouttes de différents liquides à sa surface; il rappelle qu'en 1865, il avait attribué cette anomalie à une viscosité spéciale du mercure et à l'adhésion trop faible entre la surface de ce dernier et les autres liquides. Il déclare renoncer à cette explication, et

[1] *Om Ytspanningen hos Vätskor* (Sur la tension superficielle des liquides), Helsingfors.

[2] *Sull' espansione delle goccie* (Nuovo Cimento, 2me Série, vol. V-VI, fasc. de Février 1872).

[3] *Sul principio della viscosita superficiale dei liquidi stabilito dal sign. Plateau* (Ibid., vol. V-VI, fasc. d'Avril 1872).

admet que le mercure, à cause des impuretés qu'il renferme, se recouvre d'une pellicule dont la tension est moindre que celle d'une surface parfaitement pure du même métal ; il admet, en outre, que toute force qui tend à déchirer la surface recouverte d'une sorte de membrane, rencontre une résistance d'autant plus énergique qu'il y a une différence plus grande entre la tension du liquide pur et celle de la pellicule même.

§ 28. Enfin j'ai à mentionner un travail [1] que j'ai publié en collaboration avec M. Tomlinson, et où je m'étais efforcé de rattacher la cause de la cristallisation des solutions sursaturées à la théorie de la tension superficielle; ce travail a provoqué, à l'Académie des sciences de Paris, une discussion entre MM. Gernez, Violette, De Coppet et moi [2]; en présence des faits nombreux signalés spécialement par M. Gernez, et dont on ne peut rendre compte d'après les idées que j'avais avancées, j'ai déclaré publiquement que je renonçais à mes vues théoriques sur ces phénomènes bizarres [3].

RÉFUTATION DE QUELQUES OBJECTIONS. — EXPÉRIENCES DIVERSES.

§ 29. Il me paraît inutile de discuter longuement les théories émises par les différents observateurs que je viens de citer. En effet, à l'égard des mouvements de certaines parcelles solides flottantes, nous rencontrons d'abord l'explication de Davy (§ 3), qui attribue le phénomène à des pressions inégales autour de chaque fragment; ces pressions pourraient, à la rigueur, déterminer de fort légers déplacements, mais ne sauraient évidemment rendre raison des mouvements de rotation et de translation parfois d'une vivacité extrême. De même, il est impossible d'expliquer ces derniers en disant que les conditions ordinaires de la stabilité de l'équilibre des corps flottants ne sont pas satisfaites (§ 6). Je ne reviendrai pas sur l'hypothèse des effluves électriques, ni sur celle qui invoque le dégagement d'une matière volatile ; je

[1] *On a relation between the surface- tension of liquids and the supersaturated saline solutions* (Proceedings of the Royal Society of London, n° 135, 1872).

[2] *Comptes rendus*, 1872, t. LXXV, p. 1705; 1873, t. LXXVI, pp. 45, 171, 434, 566.

[3] *Ibid.*, 1873, t. LXXVI, p. 874.

crois avoir déjà montré la complète inexactitude de ces idées (1er Mém., § 31). Quant aux faits décrits par Wirth et August (§ 8), ils sont dus, je pense, non à des courants d'air, mais à de simples différences de température (1er Mém., § 3).

En ce qui concerne les mouvements d'extension des liquides, nous ne trouvons ici aucune théorie que je n'aie déjà eu l'occasion de discuter dans mon premier historique; je puis donc passer immédiatement à l'examen de certains faits particuliers, et tâcher de répondre aux objections développées dans les travaux analysés ci-dessus; je décrirai en même temps les expériences que ces travaux m'ont suggérées.

§ 30. En premier lieu, j'ai soumis la loi obtenue par M. Duprez (§ 13) à de nouvelles vérifications expérimentales; on sait que la hauteur capillaire h est directement proportionnelle à la tension t et en raison inverse de la densité ρ du liquide, c'est-à-dire qu'on a la formule $h = \frac{2t}{\rho}$. Mais, dans le cas d'une lame liquide formée sur un autre liquide avec lequel elle ne se mêle pas, il faut tenir compte non-seulement de la tension superficielle du liquide constituant cette lame, mais encore de la tension à la surface commune des deux liquides, de sorte que l'effet total sera donné par la somme de ces deux tensions; d'après cela, il faut, dans la valeur de h, substituer à t la somme en question, et regarder ρ comme la densité du liquide sur lequel s'est étalée la lame, attendu que la densité de cette dernière n'influe pas sensiblement sur la hauteur capillaire.

Supposons donc deux liquides ne se mêlant pas et ayant respectivement pour tensions t_1 et t_2, et pour densités ρ_1 et ρ_2; soit d'ailleurs t_3 la tension à la surface commune de ces liquides; la formule de M. Duprez donnera respectivement pour les diamètres maxima du tube de suspension relatifs aux deux liquides $5{,}485\sqrt{\frac{2t_1}{\rho_1}}$ et $5{,}485\sqrt{\frac{2t_2}{\rho_2}}$; si une lame du second liquide est étalée à la surface inférieure d'une colonne du premier liquide, le diamètre maximum devient $5{,}485\sqrt{\frac{2(t_1+t_3)}{\rho_1}}$.

Prenons, par exemple, l'eau distillée, pour laquelle $t_1 = 7{,}5$ [1], $\rho_1 = 1$,

[1] Je n'ai pas adopté la valeur 8,25 donnée par M. Quincke pour la tension de l'eau distillée; cette valeur, en effet, suppose la surface de l'eau soustraite aux impuretés de l'air ambiant, condition qui n'est pas réalisée dans le cas actuel.

et l'huile d'olive, dont la tension t_2 vaut 3,76; M. Quincke a trouvé pour tension à la surface commune de l'eau distillée et de l'huile d'olive, $t_3 = 3,01$. Les expressions ci-dessus deviennent ainsi : $5,485\sqrt{15} = 21^{mm},24$ pour l'eau distillée, $5,485\sqrt{\frac{7,52}{0,91}} = 15,84$ pour l'huile d'olive et $5,485\sqrt{2 \times 6,77} = 18^{mm},73$ pour le cas de la lame mince d'huile étalée sur l'eau distillée. Or j'ai constaté que si une colonne d'eau distillée est suspendue dans un tube de $16^{mm},25$ de diamètre intérieur, on peut amener en contact avec la surface libre une pointe métallique préalablement mouillée d'huile d'olive, sans que la colonne liquide s'écoule. Cette expérience me paraît démontrer d'une manière curieuse l'influence de la tension à la surface commune; sans cette influence, la colonne liquide serait tombée immédiatement après le contact de l'huile d'olive, puisque pour celle-ci, le diamètre maximum théorique est $15^{mm},84$. D'autre part, si l'eau distillée est suspendue dans un tube de $18^{mm},75$, le contact d'une gouttelette d'huile d'olive produit à l'instant même l'écoulement de la colonne; il suffit même que le diamètre intérieur du tube soit de $17^{mm},75$ pour que la suspension devienne impossible après l'étalement de la gouttelette d'huile; car, ainsi que je l'ai rappelé, la limite réalisable est toujours quelque peu inférieure à la limite théorique.

Pour montrer l'influence de la tension à la surface commune de deux liquides, je n'ai décrit que les phénomènes observés avec l'huile d'olive; mais il me paraît certain qu'un grand nombre d'autres liquides ne se mêlant pas fourniraient des résultats tout à fait analogues aux précédents.

Si le liquide qui s'étend sur l'eau distillée se mêle à celle-ci, on peut faire abstraction de t_3 qui devient alors très-faible, sinon tout à fait nul; de cette manière, le diamètre maximum du tube contenant l'eau devient simplement $5,485\sqrt{\frac{2t_2}{\rho_1}}$; dans le cas de l'alcool, t_2 vaut 2, 5, et l'expression précédente, $12^{mm},23$; pour l'éther, elle est moindre encore; aussi ai-je vu l'eau contenue dans un tube de $16^{mm},25$ s'écouler à l'instant même où j'ai mis en contact avec la surface liquide libre une goutte d'alcool ou d'éther. Dans le cas où cette goutte est très-petite, elle ne provoque pas l'écoulement, sans doute parce que la couche où se dissout le liquide volatil est immédiatement remplacée par une couche d'eau d'un poids spécifique un peu plus grand, et, en outre, parce que l'évaporation produit un refroidissement qui augmente la

tension. Ce qui confirme cette explication, c'est l'effet remarquable que j'ai observé avec l'éther dans les expériences du § 41 (1er Mém.); aussitôt après l'extension d'une goutte d'éther sur l'eau, il s'opère un vif mouvement centripète, ce qui dénote un accroissement de tension vers les points où a eu lieu le dépôt.

Il n'est pas douteux que l'on observerait des effets du même genre avec d'autres liquides très-volatils et doués d'une faible tension superficielle; chaque fois que la couche nouvelle inférieure persisterait quelque peu, la colonne d'eau s'écoulerait bientôt; dans le cas contraire, il ne se produirait qu'une oscillation plus ou moins forte dans la surface terminale, qui, bientôt après, reviendrait à son état d'équilibre.

J'avais pensé que la simple approche d'une gouttelette d'un liquide très-volatil aurait suffi pour déterminer l'écoulement de l'eau; mais l'expérience m'a prouvé qu'il n'en est pas ainsi pour l'éther et l'alcool. Pour se rendre raison de cette particularité, on n'a qu'à se rappeler que si, d'une part, la vapeur de ces liquides diminue notablement la tension superficielle de l'eau, d'autre part, l'évaporation rapide qui s'exerce dans ces conditions refroidit la surface, de sorte que la tension définitive est peu altérée. J'ai réussi cependant à produire l'écoulement par la vapeur de benzine.

Enfin de très-fines parcelles de camphre, amenées avec de grandes précautions au contact de la surface d'eau distillée, ont également provoqué la rupture de l'équilibre de la colonne suspendue dans le tube ayant $16^{mm},25$ de diamètre.

§ 31. J'ai dit (§ 21) que M. Paul du Bois-Reymond trouve vague et peu précise la théorie de la tension superficielle; ce qui explique, selon moi, ce jugement pour ainsi dire gratuit, c'est que l'auteur croit encore permis aujourd'hui de regarder simplement la tension superficielle des liquides comme une hypothèse plus ou moins heureuse et commode; mais il suffit de lire l'historique de la tension dans l'un des Mémoires de M. Plateau [1] pour être complétement convaincu de l'existence de cette force; les

[1] *Recherches expérimentales et théoriques sur les figures d'équilibre des liquides sans pesanteur*, 8me Série, §§ 5 à 15 (Mém. de l'Acad. roy. de Belgique, t. XXXVII).

travaux de M. Marangoni et de Dupré, ceux que j'ai publiés moi-même et enfin les mesures de tension si multipliées et si ingénieuses qu'a fait connaître M. Quincke, nous mettent désormais à même de prévoir un très-grand nombre de phénomènes qui constituaient encore, il y a quelques années à peine, des faits aussi étranges qu'inexplicables. Je n'ai donc eu nul besoin, comme le prétend M. du Bois-Reymond, d'appeler à mon secours des considérations non démontrées.

Quant à l'action de la vapeur de sulfure de carbone sur l'alcool, action que l'auteur attribue à la formation de petits flocons dus au mélange des deux liquides, et produisant par leur chute des courants centripètes à la surface de l'alcool, je puis réfuter cet argument par l'expérience suivante : au lieu de se servir d'un tube étroit, on puise une petite colonne de sulfure de carbone dans un tube de plusieurs millimètres de diamètre intérieur, et l'on tient cette colonne très-près de la surface de l'alcool; dès lors le courant centripète se change en un courant centrifuge. Ce résultat est parfaitement conforme à la théorie de la tension (1er Mém., § 35, au 7°), et ne se conçoit pas du tout dans les idées de l'auteur; car le courant qu'il invoque devrait être plus puissant dans le cas actuel que lorsque le tube est étroit et se trouve à plusieurs millimètres de distance du niveau de l'alcool. D'ailleurs je n'ai nullement constaté la présence de flocons descendant au fond du liquide.

Il me paraît aussi fort aisé de répondre à l'objection du physicien allemand relative à l'étalement stationnaire de l'alcool sur l'huile d'olive. En effet, l'étalement dont il s'agit n'est stationnaire qu'en apparence; si le système d'anneaux colorés conserve à très-peu près la même série de teintes, ce n'est que grâce à un afflux d'alcool réglé à tel point que le liquide, arrivant à chaque instant dans une couche quelconque, remplace exactement la quantité évaporée dans le même intervalle de temps à la surface de cette couche; la bande d'huile extérieure au système d'anneaux, au lieu de demeurer toujours la même, se renouvelle aussi constamment à cause des courants qui se produisent dans la masse intérieure, courants observés par M. du Bois-Reymond lui-même. En ce qui concerne spécialement le bord du système, le liquide évaporé s'y trouve remplacé incessamment par la traction de l'huile voisine; il me semble donc entièrement inexact de dire avec l'auteur, que les

ressorts capillaires acquièrent dans le cas actuel une tension invariable, et que, par conséquent, ce ne sont pas eux qui provoquent l'étalement des anneaux colorés permanents. En définitive, on a à faire ici à un cas d'équilibre *mobile*. Cela posé, la couche d'huile contiguë à l'anneau coloré le plus extérieur a une tension plus grande (3,76 d'après M. Quincke) que la somme des tensions respectives de l'alcool (2,9) et de la surface commune de l'alcool et de l'huile (0,693); donc cette couche doit tirer à elle l'anneau coloré en question et avec lui toutes les bandes colorées ou non qui le précèdent jusqu'à l'orifice de sortie de l'alcool. Déduisons quelques conséquences théoriques de cette explication supposée exacte. Comme la force attractive se transmet à des couches alcooliques de plus en plus épaisses depuis l'anneau extrême jusqu'au centre du système, la vitesse de translation de ces couches doit décroître depuis l'anneau extérieur jusqu'à ce centre. Les mouvements doivent être plus prononcés avec l'éther qu'avec l'alcool, puisque la tension de l'éther n'est que 1,88. Si l'on empêche l'évaporation de l'alcool, il en résulte nécessairement que les anneaux s'élargiront et finiront par atteindre le bord du vase; au contraire, si l'évaporation est rendue plus active (par exemple par l'emploi de l'huile chaude), il faut que les anneaux soient plus étroits. Quand l'alcool est enflammé et a conséquemment une tension plus faible, on doit s'attendre à des mouvements d'une très-grande vivacité. Or, toutes ces déductions sont littéralement conformes aux observations faites par le physicien allemand.

J'ajouterai que, lorsqu'on arrête l'écoulement de l'alcool à la surface de l'huile, le système d'anneaux disparaît, et il se forme une série de lentilles d'alcool dilué qui se distribuent sur toute la surface; cet ensemble ne tarde pas à se contracter subitement et toutes les lentilles se réunissent vers le centre; j'explique cette particularité de la manière suivante : en observant, pendant l'afflux de l'alcool, les mouvements intérieurs accusés dans l'huile par des stries, on reconnaît que la portion centrale de la surface commune ne se renouvelle pas comme celles qui sont au moins à deux centimètres de distance de l'orifice : quand le système d'anneaux disparaît, l'évaporation des dernières couches d'alcool doit donc refroidir cette portion centrale plus que les autres parties, d'où résulte nécessairement vers le

centre une augmentation de tension qui se manifeste par un courant centripète.

En résumé, on voit que les objections de M. du Bois-Reymond contre la tension superficielle peuvent être réfutées avec la plus grande facilité.

§ 32. Bien que j'aie déjà discuté, dans une brochure spéciale [1], l'assertion de M. Lüdtge, d'après laquelle il faudrait attribuer à une lamelle d'eau de savon une tension d'autant plus forte que cette lame devient plus mince, je crois utile de revenir sur l'expérience d'une petite gouttelette d'eau de savon s'étalant sur une lame de solution de bois de Panama (§ 23). Pour arriver à une théorie plus satisfaisante de l'extension limitée de la gouttelette, j'ai répété l'expérience de M. Lüdtge avec une bonne solution de saponine (on sait que le bois de Panama contient de la saponine), et j'ai constaté les faits suivants : 1° la lamelle d'eau de savon présente une forme très-irrégulière et montre, le long de la ligne où elle limite la lame de solution de saponine, un bourrelet dont l'épaisseur varie d'un point à un autre; 2° l'extension de l'eau de savon se propage le plus loin dans la portion où le bourrelet est le plus mince; 3° enfin, pendant le développement de la lamelle d'eau de savon, le reste de la lame de saponine demeure absolument en repos, ce que j'ai reconnu parfaitement, en observant de petites bulles d'air qui s'y trouvaient engagées.

Tous ces faits me paraissent découler immédiatement de l'énorme viscosité superficielle de la solution de saponine, propriété signalée par M. Plateau, ainsi que des notables inégalités dans l'épaisseur des lames de ce liquide. En effet, dans la solution dont il s'agit, les molécules superficielles se déplacent avec une extrême difficulté les unes par rapport aux autres; par cette raison, les mouvements imprimés en un point de la surface ne se propagent pas à tous les autres, et les couches superficielles auxquelles se substitue la lame d'eau de savon sont forcées de s'enrouler successivement, de manière à produire un bourrelet d'autant plus gros en chaque point que l'épaisseur de la lame y est plus forte; or bornons-nous, pour simplifier, à examiner ce qui se passe sur la face supérieure du système, et, à cet effet, imaginons une

[1] *Sur un principe de statique moléculaire avancé par M. Lüdtge* (Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, t. XXX, p. 522).

section normale quelconque du bourrelet; il est évident qu'au point où la lame d'eau de savon se joint au bourrelet, sont appliquées deux forces, savoir : la tension de l'eau de savon dirigée dans le plan de la lame de ce liquide, et la tension de la solution de saponine dirigée suivant une droite d'autant plus rapprochée de la verticale que le bourrelet a une plus grande épaisseur; il suit de là que l'étalement et, par conséquent, l'enroulement ultérieur du bourrelet doivent s'arrêter dès que la composante horizontale de la deuxième tension équivaut à la première, ou, du moins, n'excède celle-ci que d'une quantité insuffisante pour vaincre la résistance qu'oppose la viscosité superficielle de la saponine.

Pour appuyer cette explication, j'ai répété l'expérience avec une solution très-concentrée d'albumine, et j'ai obtenu les mêmes résultats, avec la seule différence que le mouvement se propageait parfois au delà du bourrelet qui servait de limite aux deux lames en présence; mais cette particularité est due évidemment à ce que, comme l'a établi M. Plateau, la solution d'albumine a une viscosité superficielle bien moindre, quoique très-grande encore, que celle de la solution de saponine.

Ce qui précède fait voir qu'il n'est nullement nécessaire, pour se rendre compte de l'expérience de M. Lüdtge, de supposer un changement de tension des lames; ce changement est inadmissible à priori, car, comme l'ont montré M. Plateau et Dupré de Rennes, la théorie indique que la tension d'une lame liquide, la température restant la même, se modifie très-probablement dans le seul cas où l'épaisseur de cette lame devient inférieure au double rayon d'activité de l'attraction moléculaire, et alors la tension doit diminuer au lieu d'augmenter.

§ 33. J'ai dit, au § 25, que M. Mellberg ne peut admettre le même rôle de l'évaporation dans le phénomène des *larmes du vin* et dans celui qu'offre un mélange d'eau et d'éther. Pour démontrer que les deux phénomènes doivent s'expliquer de la même façon, ainsi que je l'ai avancé dans mon premier Mémoire (§ 51), j'opère comme suit :

Je prends un vase cylindrique en verre de 12 à 15 centimètres de diamètre et de 7 à 8 centimètres de hauteur; j'y verse une couche d'eau-de-vie de 3 à 4 millimètres d'épaisseur, que je saupoudre de lycopode, et,

à l'aide d'un support convenable, je maintiens le vase incliné de manière que le tiers environ de la surface du fond demeure libre; au bout de quelques instants, la poudre de lycopode se meut vers la portion libre du fond où n'est attachée qu'une mince couche d'eau-de-vie, sans doute parce que l'évaporation refroidit plus cette dernière que la partie plus épaisse, où le liquide, transformé en vapeur, peut être aisément remplacé par des portions sous-jacentes. A cause des différences de température et, par conséquent, de tension qui existent dans la couche liquide la plus mince, celle-ci ne tarde pas à se subdiviser en petites masses de diverses grandeurs, très-distinctes, constituées principalement d'eau, et descendant lentement jusque dans le voisinage de la couche plus épaisse. Alors, en premier lieu, chacune des plus petites masses, arrivée à une faible distance du bord apparent de cette couche, éprouve vers le bas une sorte de frémissement, qui lui fait prendre une forme concave, comme si elle était repoussée; la raison en est sans doute que la tension étant d'autant plus forte que le liquide contient moins d'alcool, la petite masse attire à elle une certaine quantité du liquide inférieur et avec elle les parcelles de lycopode qui y surnagent; la portion inférieure de la masse devient ainsi un peu plus riche en alcool, il se produit un étalement de cette portion sur les parties supérieures, et cet étalement continuant jusqu'à ce que la tension superficielle devienne la même partout, il en résulte un entraînement de la partie inférieure de la masse, qui paraît de cette manière éprouver une répulsion. En second lieu, si les masses qui arrivent dans le voisinage de la couche inférieure sont un peu plus grosses, il s'opère une réunion partielle du liquide plus alcoolique avec celui qui l'est moins, et l'on observe alors un mouvement très-prononcé du liquide inférieur vers le haut des petites masses, ce dont on juge par l'ascension rapide de la poudre de lycopode; bientôt la traînée qui réunissait chacune des petites masses au liquide inférieur se rompt, ce qui isole de nouveau une certaine quantité de liquide demeurant au-dessus du bord de la couche plus alcoolique. Enfin, si les masses descendantes sont plus grosses encore, elles finissent par se réunir entièrement au liquide inférieur; dans ce cas, la poudre de lycopode se transporte rapidement aussi vers les portions supérieures. A mesure que ces divers phénomènes se poursuivent, on voit s'accu-

muler de plus en plus les parcelles flottantes sur la partie en apparence libre du fond du vase, et il reste encore beaucoup d'eau-de-vie dans celui-ci, lorsque déjà tout le lycopode a quitté la couche liquide épaisse.

Pour se convaincre que c'est bien l'évaporation qui joue le principal rôle dans ces phénomènes, il suffit de recouvrir le vase d'une plaque de verre pour voir cesser immédiatement la série des mouvements décrits plus haut.

Les résultats que j'ai obtenus avec un mélange d'eau et d'éther ont été absolument analogues, et, comme il fallait s'y attendre, se sont produits plus rapidement qu'avec l'eau-de-vie.

Dans le § 51 de mon premier Mémoire, j'ai approuvé un passage de la Note de M. J. Thomson, passage d'après lequel les larmes de vin formées reviennent vers le liquide du verre, parce que celui-ci est plus aqueux; M. Mellberg déclare avec raison ne pas pouvoir admettre que le liquide du vase soit plus aqueux; aussi faut-il rectifier l'explication en disant que les mouvements de descente des petites masses résultent simplement du poids de celles-ci.

CONCLUSION.

§ 34. Il me paraît résulter du travail actuel que les deux propositions générales relatives à certains mouvements observés à la surface des liquides (§§ 34 et 39 de mon 1er Mémoire), propositions que je m'étais efforcé d'établir par des expériences nombreuses et variées, ont reçu une confirmation nouvelle dans les recherches récentes de plusieurs physiciens, et que les rares objections qu'on a opposées à ma théorie peuvent être réfutées avec la plus grande facilité.

Comme j'ai appliqué ces propositions pour expliquer un grand nombre de phénomènes observés depuis longtemps, mais qu'on n'était pas parvenu à rattacher à un seul et même principe, je crois pouvoir conclure que les applications dont il s'agit sont parfaitement légitimes; car les idées qui leur servent de base ont reçu actuellement un appui très-solide, et ne tarderont probablement pas à être acceptées par tous les savants.

J'avais annoncé comme prochaine la publication de mes recherches tou-

chant l'influence de l'électricité sur la tension superficielle des liquides (§ 4 de mon 1er Mémoire); j'espère pouvoir faire connaître, dans un bref délai, les résultats que j'ai obtenus à cet égard, du moins en ce qui concerne l'électricité statique.

AREOGRAPHISCHE FRAGMENTE.

MANUSCRIT ET DESSINS ORIGINAUX ET INÉDITS

DE

L'ASTRONOME J.-H. SCHROETER, DE LILIENTHAL;

PAR

M. F. TERBY,

DOCTEUR EN SCIENCES, A LOUVAIN.

« Herschel's und Schröter's Namen werden
» wie Castor und Pollux am Himmel glänzen,
» so lange Sterne am Firmamente funkeln..., »

(*Allgemeine geographische Ephemeriden*, herausgegeben von F. Von Zach, vol. III. Weimar, 1799. — Biographie avec portrait de J.-H. Schroeter, p. 519.)

(Présenté à la classe des sciences de l'Académie le 1er mars 1873.)

AREOGRAPHISCHE FRAGMENTE.

MANUSCRIT ET DESSINS ORIGINAUX ET INÉDITS

DE

L'ASTRONOME J.-H. SCHROETER, DE LILIENTHAL [1].

« Compatriote d'Herschel, Schroeter offre plus d'un trait de ressemblance » avec lui, soit par le perfectionnement des instruments, soit parce qu'il » était surtout observateur. Il apporta des soins extrêmes et minutieux à » tout ce qui peut rendre précis, exacts et incontestables les résultats obte- » nus. Il renouvelait et multipliait les observations [2]. » Ce sont les résultats de ces longues et minutieuses recherches que le célèbre astronome de Lilienthal a consignés dans une série d'ouvrages remarquables, parmi lesquels les *Selenotopographische Fragmente* occupent une place aussi importante que

[1] En rédigeant ce mémoire, j'ai heureusement pu utiliser un grand nombre de documents sur la planète Mars que je cherchais à recueillir dans un autre but. Beaucoup d'ouvrages importants m'auraient nécessairement fait défaut sans l'extrême obligeance de MM. Ad. et Ern. Quetelet, qui m'ont permis de puiser des renseignements précieux dans la riche Bibliothèque astronomique de l'Observatoire royal de Bruxelles.

[2] *Biographie universelle ancienne et moderne;* Supplément, t. LXXXI. Paris, 1847. — Biographie de Schroeter, p. 389.

dans l'histoire de la Sélénographie. Ses observations sur Vénus, Mercure, Jupiter et Saturne, sur les satellites des planètes, sur Cérès, Pallas, Junon et Vesta, sur les comètes, sur les taches du soleil lui ont fourni le sujet d'autres publications qui, par la multitude des recherches et souvent l'intérêt des résultats, occupent une place importante dans l'histoire de la science [1]. Au milieu de tant de travaux, Schroeter ne négligea point la planète Mars [2] et, en 1811, il annonça l'apparition prochaine d'un ouvrage intitulé : *Areographische Fragmente,* contenant ses observations sur cet astre et illustré de seize planches gravées sur cuivre [3].

Schroeter mourut à Lilienthal le 29 août 1816 sans avoir pu mettre ce projet à exécution. Les soins dont il a entouré toutes ses observations, le zèle avec lequel il les a multipliées d'une manière étonnante devaient attacher à cette œuvre un grand intérêt. Schroeter avait toujours été très-sobre de communications sur Mars et pourtant il avait étudié cette planète pendant de longues années. Aussi deux illustres observateurs, Mädler et Beer, ont-ils dit, sans doute avec regret, en 1840 : « Schroeter mentionne souvent ses obser-» vations sur Mars; cependant son ouvrage (*Areographische Fragmente*) » qui, d'après son annonce, devait contenir 224 dessins, n'a jamais paru [4]. »

[1] On trouve une liste des ouvrages de Schroeter dans le Supplément de la *Biographie universelle,* t. LXXXI, pp. 389 et suiv. On peut consulter aussi, à ce sujet, le *Catalogue of scientific papers* de la Société royale de Londres, t. V, p. 552 et le *Bücher Lexicon* ou *index locupletissimus librorum* de Christian Kayser. Leipzig, 1835.

[2] Des remarques isolées et très-concises de Schroeter sur Mars ont paru dans les recueils scientifiques de l'époque. Citons notamment : *Allgemeine geographische Ephemeriden* de Von Zach, vol. II, p. 495; 1798. Lettre de Schroeter sur l'aplatissement de Mars et sur la tache polaire. — Page 267; lettre du Dr Olbers sur la tache polaire méridionale qu'il a observée avec Schroeter. — Vol. III, p. 114; 1799, le Dr Olbers mentionne les observations de Schroeter sur la position de l'axe de Mars.

Citons aussi : *Astronomisches Jahrbuch de Bode* pour 1802, p. 104; Berlin 1799. *Beobachtungen der Flecken, Atmosphäre und des Durchmessers der Mars Kugel.* Cet article se compose de quatre pages seulement et renferme des extraits très-concis de lettres sur l'aplatissement de Mars, sur la tache polaire méridionale, sur les mouvements et les changements des taches. Il est accompagné de deux dessins que j'ai retrouvés dans les *Areographische Fragmente.*

[3] *Beobachtungen des grossen kometen von 1807, sammt einem Nachtrage zu den aphroditographischen Fragmenten,* von Dr J. H. Schroeter. Gœttingen, 1811. La préface de cet ouvrage renferme l'annonce à laquelle je fais allusion.

[4] Beer et Mädler. *Fragments sur les corps célestes du système solaire,* p. 150. Paris, 1840.

Mars attira au plus haut degré l'attention lors des oppositions de 1858, de 1862 et de 1864 et, pendant cette dernière année, la Société royale astronomique de Londres, pressentant l'importance des observations inconnues de Schroeter, chargea le révérend M. Webb de négocier l'acquisition du précieux manuscrit encore en possession de M^me^ veuve Schroeter, belle-fille de l'astronome de Lilienthal. Ces négociations restèrent sans résultat.

Comme je m'occupais beaucoup de réunir des observations sur Mars, M. Webb eut l'obligeance de m'informer de ces faits et, grâce à des renseignements ultérieurs que je dus à M. le D^r^ Peters, directeur de l'Observatoire d'Altona, et à M. Haase, conseiller de guerre à Osnabrück, je pus enfin me mettre en rapport avec M. Wiegrebe, de Schaeferhof, qui eut l'obligeance de servir d'intermédiaire entre son cousin, M. Schroeter, petit-fils de l'astronome de Lilienthal, et moi. Ce dernier a bien voulu me confier l'œuvre de son aïeul en me permettant d'en tenir compte dans une comparaison générale des observations de Mars.

Dépositaire du manuscrit et des dessins de l'astronome Schroeter, j'ai cru utile de présenter à l'Académie quelques renseignements capables de faire juger du mérite de cette œuvre.

Les *Areographische Fragmente* [1] comprennent soixante et un cahiers in-4°, formant un total de neuf cent quatre-vingt-deux pages au moins, rédigés en langue allemande, très-lisibles et parfaitement conservés. Une table détaillée, se composant à elle seule de cent et deux pages, est comprise dans cet ensemble. Le manuscrit est accompagné des seize planches originales,

[1] Quoique ce soit sous ce titre que l'auteur a annoncé lui-même la publication de cet ouvrage dans le passage cité plus haut (page 4, note 3), il convient de faire remarquer que le manuscrit porte à sa première page un titre conçu dans des termes un peu différents : *Contributions* (Beyträge) *aréographiques pour la connaissance plus exacte de la planète Mars à un point de vue mathématique et physique*. De plus, le mot *aréographiques* ne faisait évidemment pas partie de la première rédaction : la situation qu'il occupe et la nuance de l'encre qui a servi à le tracer prouvent qu'il a été ajouté plus tard. Notons bien pourtant qu'il est incontestablement de la main de l'auteur. D'autre part, les couvertures qui renferment le manuscrit portent ces mots tracés encore de la même main : *Fragments aréographiques* et *manuscrit des fragments aréographiques*. — L'ensemble de l'ouvrage est renfermé dans deux couvertures en carton qui ont contenu autrefois des manuscrits se rapportant à des ouvrages bien connus de l'auteur, car Schroeter y a écrit ces mots : *pour des contributions astronomiques*, avec l'indication : *Elaboranda*.

dessinées au crayon par Schroeter [1], et de quatorze planches [2] qui ont été gravées par Tischbein, graveur de l'Observatoire de Lilienthal. M. Schroeter possède encore les plaques de cuivre qui ont servi à graver ces planches. Malgré leur existence de plus d'un demi-siècle, les dessins originaux peuvent parfaitement servir encore à vérifier l'exactitude des gravures qui sont très-belles et dans un état parfait de conservation.

Sans vouloir anticiper sur l'étude approfondie de tous ces dessins que nous nous proposons de faire prochainement, il faudra leur consacrer ici quelques passages importants, car ils forment la partie la plus remarquable de l'œuvre de Schroeter. Ils sont au nombre de *deux cent trente. Deux cent dix-sept* figures représentent les taches de Mars et les autres se rattachent à des démonstrations spéciales. Les observations commencent en 1785 et s'étendent jusqu'à l'année 1803; elles continuent donc sans interruption les recherches de W. Herschel terminées en 1783. Les planches renferment trois dessins de 1785, un de 1787, deux de 1788, dix-huit de 1792 (du 11 janvier au 26 avril), trois de 1794, un de 1796, cent et un pour l'opposition de 1798 (du 15 juillet 1798 au 1er janvier 1799), soixante-treize pour les années 1800 et 1801 (du 30 juillet 1800 au 16 mai 1801) et quinze pour 1802 et 1803 (du 10 octobre 1802 au 14 janvier 1803). J'ai reproduit onze figures de l'auteur à la suite de cette notice. Elles sont exécutées d'après les planches de Tischbein et ont été rigoureusement confrontées avec les dessins originaux. La seule différence que j'aie introduite dans le mode d'exécution est que j'ai ombré uniformément le fond de quelques figures, tandis qu'il est pointillé dans les planches de l'auteur et dans les gravures. Ces dessins doivent servir à rendre intelligibles les détails que l'on trouvera plus loin. Ils feront juger aussi de l'intérêt qu'offre cette partie de l'œuvre de Schroeter.

[1] Sur une première couverture qui renferme ces dessins, l'auteur a écrit : *Mes dessins aréographiques.* Sur une seconde couverture on lit ces mots : *Tous mes dessins de Mars; 16 planches; revus le 17 mars 1815, après l'incendie.* (Voyez page 9 de cette notice.)

[2] Les planches IX et X, qui se trouvent parmi les dessins originaux, manquent parmi les gravures. Mais sur le papier qui sert d'enveloppe, nous lisons que les planches ont été nouvellement gravées après l'incendie de Lilienthal, et une autre note nous apprend que, d'après le fils de Schroeter, il faut en excepter les planches IX et X. D'après M. Wiegrebe, ces courtes notes explicatives ont été écrites par son beau-père, le major Kirchhoff, et par le fils du célèbre astronome.

Afin d'assurer l'interprétation rigoureusement exacte du texte allemand, j'ai eu recours aux lumières de M. Dühr, professeur de langue allemande, qui m'a secondé avec une grande habileté dans cette tâche longue et difficile.

L'ouvrage est divisé en neuf chapitres.

Dans le premier (§§ 1 à 23), l'auteur expose les résultats de ses observations pendant les années 1785, 1787, 1788, 1792, 1794 et 1796. On y trouve des remarques sur les taches obscures, des déterminations de la durée de rotation, des observations relatives à l'éclat du bord de la planète et à la forme sphéroïdale de Mars.

Le deuxième chapitre (§§ 24 à 66) présente les observations de 1798, avant l'époque où la planète Mars arriva à une très-grande proximité de la terre. Nous y remarquons des détails minutieux sur les taches sombres, des observations suivies et des mesures de la tache polaire méridionale, des remarques sur ses variations, sur la forme sphéroïdale de Mars et sur la décroissance de la lumière à la limite d'éclairement.

Dans le troisième chapitre (§§ 67 à 106) l'auteur relate ses recherches sur Mars du 26 août au 13 septembre 1798, c'est-à-dire plus spécialement vers le moment de l'opposition et de la plus grande proximité de la terre.

Ce chapitre est divisé en trois sections :

I. — Observations sur la tache polaire méridionale et sur la position de l'axe de la planète (§§ 67 à 74).

Cette section comprend des remarques sur la position fixe de la tache polaire, sur ses changements d'éclat et d'étendue; on y trouve aussi des mesures de cette tache.

II. — Observations sur la forme sphéroïdale de Mars et mesures de son diamètre (§§ 75 à 90). Cette section contient tous les détails des observations de l'auteur sur l'aplatissement de la planète.

III. — Observations des taches obscures (§§ 91 à 106).

Le quatrième chapitre (§§ 107 à 162) a pour objet les observations des taches sombres après l'époque de l'opposition et du plus grand rapprochement de Mars.

Dans le cinquième chapitre (§§ 163 à 216) l'auteur reprend l'étude de

la tache polaire méridionale jusqu'au 20 novembre et s'occupe de déterminer la position de l'axe, l'obliquité de l'écliptique de Mars, ses points équinoxiaux et solsticiaux. Jusqu'au 20 novembre, la tache polaire excessivement petite se prêta à une détermination exacte du pôle; mais à partir de ce jour des lueurs plus étendues se manifestèrent et l'auteur leur consacre le chapitre suivant.

Le sixième chapitre (§§ 217 à 238) a pour objet l'observation des taches claires au pôle sud et au pôle nord depuis le 20 novembre.

Dans le septième chapitre (§§ 239 à 342) nous trouvons les observations de 1800 et de 1801 et dans le huitième (§§ 343 à 366), celles des années 1802 et 1803.

Enfin, dans le neuvième chapitre (§§ 367 à 427), Schroeter donne un aperçu sur la constitution physique de la planète Mars. Ce chapitre est partagé en deux sections :

I. — Sur les vents de l'atmosphère de Mars (§§ 367 à 399). Cette section du neuvième chapitre contient en outre (§§ 400 à 419) une étude comparative de Mars et de la terre; des discussions sur la nature des taches sombres et des taches polaires; enfin des considérations sur les atmosphères de Jupiter, de Saturne, de Vénus, de Mercure et de la lune [1] comparées à celle de Mars.

II. — Sur la constitution du globe de Mars (§§ 420 à 427).

Avant d'aborder l'analyse de cette œuvre de Schroeter au point de vue purement scientifique, il faut appeler l'attention sur certaines circonstances qui en augmentent encore l'intérêt : il existe naturellement une analogie complète entre le mode de rédaction des *Areographische Fragmente* et celui des autres ouvrages du célèbre astronome; c'est ainsi que nous rencontrons à chaque pas la mention de ses télescopes, soit de 4 et de 7, soit de 13 et

[1] Voici comment s'exprime Arago dans le tome III de son *Astronomie populaire*, p. 458 : « Afin qu'on ne m'accuse pas d'avoir un parti pris sur une question qui me paraît mériter » d'être soumise à des investigations nouvelles, je vais rapporter une observation de Schroeter » d'où semblerait résulter qu'une atmosphère extrêmement faible, mais sensible, existe autour » de la lune. »

de 27 pieds; des renseignements sur les grossissements employés : 74, 95, 134, 160, 180, 270, 288 et jusque 515 fois.

Souvent on rencontre le nom de *Harding*, célèbre par la découverte de Junon, et qui, on le sait, aidait Schroeter dans ses travaux. Plusieurs observations sont faites avec la coopération du célèbre *Olbers* et du baron *von Zach*. J'en ai trouvé aussi qui ont été réalisées par Schroeter à l'observatoire d'Olbers lui-même, à Brême. L'auteur cite avec satisfaction d'autres observateurs et personnages de l'époque qui honoraient, dit-il, l'Observatoire de Lilienthal de leur présence et participaient alors aux recherches. Nommons le baron *von Ende*, le conseiller de guerre *von Dohna*.

Entre la première et la deuxième feuille du troisième cahier, j'ai découvert un feuillet détaché sur lequel l'auteur a écrit une note qui n'avait pu trouver place au bas de la page. Schroeter annonce qu'il a été dans l'impossibilité de consulter encore ses journaux d'observations pour faire une vérification concernant l'un des dessins. « Mes journaux, dit-il, ont été brûlés. » On sait, en effet, qu'en avril 1813, les troupes du général Vandamme vinrent occuper Brême et les localités voisines. Dans la nuit du 20 au 21 avril, Lilienthal fut livré aux flammes. C'est à ce désastre que l'auteur fait allusion ici. L'Observatoire échappa à l'incendie; mais Schroeter eut la douleur de le voir bouleverser et piller quelques jours après; on peut consulter à ce sujet la préface de son ouvrage sur la grande comète de 1811, où il se plaint amèrement de ces iniquités [1].

Un autre feuillet détaché excitant encore la curiosité se trouve placé entre la septième et la huitième page de ce même cahier. On y voit ces mots tracés de la main de l'auteur :

A quelle saison de Mars correspondait le 1^er^ avril 1792?

Schroeter, occupé de ses travaux, écrivit sans doute rapidement cette question et l'envoya à un assistant ou collaborateur; car, à la suite de cette demande, on lit la réponse suivante, écrite évidemment d'une autre main [2] :

Le 1^er^ avril était le 14^e^ jour après le solstice d'été.

[1] *Beobachtungen und Bemerkungen über den grossen Kometen von 1811*; Goettingen, 1813. Je dois ces renseignements à MM. Schroeter et Wiegrebe.

[2] A défaut de tout terme de comparaison pour reconnaître la main qui a tracé cette réponse,

Je me suis efforcé, en étudiant ce volumineux ouvrage, de connaître les résultats obtenus par l'auteur et les opinions qu'il émet relativement à divers ordres de questions, notamment la nature des taches sombres et des taches polaires, leur permanence ou leur variabilité. J'ai préféré de réunir en quelques chapitres les données relatives à chaque question et puisées dans tout le cours du manuscrit, plutôt que de suivre pas à pas l'auteur dans l'ordre qu'il a adopté. J'ai indiqué soigneusement les paragraphes dans lesquels on pourrait à l'avenir retrouver tous les détails que je passerai en revue.

L'idée dominante de Schroeter consiste à attribuer les taches sombres de Mars à des nuages et à les douer, par conséquent, d'une grande variabilité [1]. On est porté à s'étonner en voyant cet astronome interpréter dans ce sens des phénomènes que, pourtant, il observe si bien. Mais si l'on se reporte à l'époque des observations, on trouve tout naturel que, malgré la perfection de ses dessins, malgré la faible distance qui, à certains points de vue, le sépare de la vérité, comme on le verra dans ce mémoire, il ait cédé à l'influence d'une idée qui semble préconçue. Habitué à étudier les phénomènes des bandes de Jupiter, il est entraîné presque irrésistiblement à donner à ses excellentes observations une interprétation analogue. Les dessins des *Areographische Fragmente* seront d'ailleurs une nouvelle preuve de la difficulté avec laquelle on peut démêler les changements réels des changements seulement apparents de cette surface planétaire, et nous pouvons assurer

nous pouvons conjecturer qu'elle est de Harding ou d'Olbers. Nous voyons, en effet, que ces deux savants se sont chargés d'exécuter plusieurs calculs pour les *Areographische Fragmente*.

[1] L'auteur a fait allusion à ces changements des taches de Mars dans l'article cité plus haut : *Astron. Jahrbuch de Bode für 1802*, p. 104. Il a manifesté la même tendance dans ses recherches sur d'autres planètes.

Mädler et Beer ont écrit dans leurs *Fragments sur les corps célestes*, p. 150 : « La plupart des » observateurs regardaient aussi les autres taches (on vient de parler des taches polaires) » comme variables. »

W. Herschel dit, de son côté : « . . . . . besides the *permanent* spots on its surface, » I have often noticed occasional changes of partial bright belts and also once a darkish one, » in a pretty high latitude. And these alterations we can hardly ascribe to any other cause » than the variable disposition of clouds and vapours floating in the atmosphere of that » planet. » *Philosophical Transactions*, vol. LXXIV ; fin du Mémoire de W. Herschel.

que l'on trouvera souvent, même à notre époque, de grandes difficultés à expliquer ces figures exécutées avec tant de soin. Ne nous étonnons donc pas si Schroeter a conclu trop vite et trop fréquemment à des changements de ces taches.

Mais, pour apprécier complétement les opinions de l'auteur, discutons soigneusement ses observations sur une région bien connue de Mars et qu'il a représentée souvent avec une grande perfection : je veux parler de la région occupée par la *Mer de Kaiser* et par l'*Océan de Dawes*[1]. C'est aussi le *Scorpion*, le *canal Atlantique* ou le *canal de Cook* du P. Secchi[2]; c'est la tache qui a été appelée aussi : *hour-glass-sea*, parce qu'elle convient si bien pour la détermination de la durée de rotation. La permanence de cette tache ne saurait être contestée : Hook a dessiné une forme tout à fait semblable en 1666[3] et, lors de la dernière opposition en 1871, elle a reparu avec sa netteté habituelle[4]. L'astronome de Lilienthal a-t-il consenti à lui accorder quelque permanence? La réponse à cette question doit former l'un des principaux objets de ce mémoire et elle s'en dégagera nettement.

[1] J'ai adopté ici les dénominations de M. Proctor.

[2] *Mém. de l'Observatoire du Collége romain.* Nouvelle série, 1859, n° 3; et 1860-1863, vol. II, n° 10.

[3] *Philosophical Transactions*, t. I, p. 259; 1665 et 1666. — Voyez aussi : *Journal des savants* pour 1666. Nouvelle édition, p. 240. Paris, 1729.

[4] F. Terby. *Aspect de la planète Mars en 1871.* Bulletins de l'Acad. roy. de Belgique. 2me série. Tome XXXII, n° 8. J'avais désigné cette tache par la lettre *d*. — La *Mer de Kaiser* a encore été observée, à ma connaissance, en 1871, par le rév. M. Webb, par M. Gledhill, à l'observatoire de M. Crossley, à Halifax, par M. Burton, à Loughlinstown, et par M. Joynson, à Waterloo, près de Liverpool.

QUELQUES OBSERVATIONS DE J.-H. SCHROETER SUR LES TACHES SOMBRES DE MARS [1].

Le 9 septembre 1798, à 7h 55m du soir, Schroeter observe dans Mars une bande sombre parallèle à l'équateur de la planète, passant par le centre du disque et présentant près du bord oriental une pointe peu considérable, très-noire et dirigée vers le nord. *A 9h55m*, il constate le déplacement de cette pointe, ou tache noire orientale, par l'effet de la rotation, et, à *11h8m*, la bande est remplacée par une tache triangulaire occupant le milieu du disque et se terminant du côté du nord par une pointe très-noire (§ 96 des *Areographische Fragmente*).

Le 12 septembre, à 8h7m du soir, Schroeter, observant avec Harding, s'étonne beaucoup de retrouver déjà au centre une tache triangulaire exactement semblable à celle qui s'y trouvait le 9, à 11h8m, et présentant la seule différence de ne pas se terminer par une pointe aussi noire. *A 10h 22m*, la rotation leur permet d'expliquer ce fait singulier, car ils constatent d'une part la disparition de cette tache, et d'autre part la réapparition de celle du 9 au bord oriental. La tache triangulaire observée à 8h7m précède donc la région sombre du 9 septembre dans le mouvement de rotation et, si elle est devenue invisible le 12, à 10h22m, c'est qu'elle s'est trop rapprochée du bord occidental. Mais ici l'idée dominante de l'auteur l'emporte et il conclut à une disparition véritable de cette tache (§ 98).

Le 15 septembre, à 7h45m du soir, Schroeter retrouve la tache triangulaire du 12 vers le milieu du disque et, *à 10h25m*, elle a de nouveau disparu, tandis que la pointe noire reparaît au bord oriental. C'est la répétition des phénomènes de la veille, on le voit, mais l'auteur cède encore à la même tendance et persiste à voir dans ces réapparitions et ces disparitions apparentes des réapparitions et des disparitions réelles (§ 99).

[1] Dans les descriptions qui suivent, nous avons entendu par *bord oriental* et *bord occidental* de Mars, le bord situé réellement du côté de l'est ou du côté de l'ouest pour un observateur terrestre.

La tache triangulaire présentant un angle vers le nord était donc suivie dans la rotation par une bande dont le bord septentrional s'avançait aussi dans l'hémisphère boréal, mais sous forme de baie très-noire. Sans vouloir poser ici des conclusions qui seraient prématurées, je puis faire remarquer que cet aspect rappelle tout à fait celui de la *Mer de Kaiser* et des régions voisines.

Le 16 septembre, à 10^{h}59^m, l'auteur dessine une bande orientée de l'ouest à l'est; au milieu du disque on voit partir de cette zone sombre une autre tache obscure qui se dirige encore sous forme de pointe vers le nord. Si nous recherchons à quelle heure l'aspect du 12 septembre, à 8^{h}7^m, devait se reproduire le 16 par l'effet de la rotation, nous trouvons, avec une approximation suffisante ici, en ayant égard au retard de 37^m qu'éprouvent les taches de Mars observées chaque jour à la même heure par un observateur terrestre :

16 septembre, à 10^{h}55^m;

C'est, à quatre minutes près, l'heure donnée par l'auteur. Nous arrivons donc à la même conclusion que lui, à savoir qu'il observait la même région que le 12 septembre, à 8^{h}7^m (§ 108).

Le 18 septembre, à 10^{h}16^m, l'auteur retrouve les taches du 16, mais moins avancées dans la rotation (§ 109). La figure 1 qui accompagne ce mémoire représente le dessin exécuté ce jour par Schroeter.

Le 19 septembre, à 7^{h}51^m, Schroeter dessina la planète comme je l'ai esquissée dans la figure 2 (§ 110). La bande sombre présente un prolongement délié dirigé dans l'hémisphère septentrional et occupant la même situation que le prolongement septentrional de la bande dans la figure 1. Cependant, il est impossible d'admettre l'identité de ces deux prolongements. En effet, l'aspect du 18 septembre, à 10^{h}16^m, devait se reproduire le 19 à 10^{h}53^m. Or, l'auteur observe à 7^{h}31^m, c'est-à-dire 3^{h}22^m plus tôt. Il ne pouvait donc voir, dans cette situation, qu'une autre région sombre dirigée vers le nord et située à l'occident de la première. Si la tache triangulaire dont il a déjà été si souvent question était la *Mer de Kaiser,* on arriverait donc à cette curieuse conclusion que Schroeter voyait à l'ouest de cette mer

une sorte de détroit très-délié, se dirigeant vers le nord et dont la position s'accorderait avec celle de la *Passe de Huggins*, objet difficile à découvrir aujourd'hui et qui n'aurait pas échappé, il y a soixante-quinze ans, à la vue perçante du célèbre observateur. La bande sombre principale elle-même serait la *Mer de Maraldi*. Schroeter constate en plusieurs occasions que cette bande se porte de plus en plus vers le sud à partir du jour de sa réapparition. Ce phénomène, interprété par l'auteur comme une réalité, me semble un effet naturel du retard éprouvé par cette tache dans les soirées successives d'observations ; par l'effet de ce retard, l'auteur avait sous les yeux des parties plus occidentales de cette mer, qui se rapproche effectivement du pôle sud en se prolongeant à l'ouest.

J'ai déjà dit que Schroeter admettait la disparition réelle de la tache triangulaire ; mais, dans ce cas, la réapparition sous une forme exactement semblable ne pouvait manquer d'exercer sa sagacité. Aussi tente-t-il d'indiquer une solution en invoquant l'influence que pourrait exercer périodiquement la chaleur du soleil sur les régions que la rotation ramène du côté de la terre (§ 101). Quant à l'identité de la forme, Schroeter y trouve la preuve d'une prédisposition naturelle de la même contrée à produire des phénomènes météorologiques semblables.

Schroeter observe le *8 octobre, à 6^h40^m du soir* (§ 124), des taches absolument identiques avec celles qu'il a observées le *5 septembre à 10^h5^m*. « On ne saurait, dit-il, se figurer deux aspects d'une plus étonnante ressem- » blance (§ 126). » Ces deux observations sont séparées par un intervalle de trente-cinq jours à peu près et ont évidemment pour objet, comme l'astronome de Lilienthal le prouve lui-même (§ 127), la même partie de la surface de Mars. Ici encore l'auteur trouve une application de sa théorie qui attribue ces taches à des phénomènes atmosphériques semblables, engendrés sur la même région de la planète.

Quelque singulière que soit cette idée de l'illustre astronome, il me semble impossible de côtoyer de plus près la vérité sans l'atteindre. En faisant un pas de plus, ou plutôt, en se soustrayant énergiquement, pendant quelques instants, à l'influence d'une sorte de préjugé, Schroeter, à la fin du siècle dernier, aurait tiré de ses excellentes observations des arguments puissants

en faveur de la permanence des taches de Mars. C'est la vérité que nos contemporains, aidés de toutes les ressources optiques modernes, s'efforcent encore de confirmer aujourd'hui.

Le 17 et le 18 octobre, entre 6^h et 8^h du soir, l'auteur retrouve de nouveau (fig. 3) la tache qui nous rappelle tout à fait la *Mer de Kaiser,* et démontre avec raison qu'il a sous les yeux la même région que *le 12 et le 13 septembre* (§§ 130 et 131).

Le 22 octobre, à 6^{h}6^m du soir, il signale la disparition de la tache dirigée vers le nord et trouve encore que la bande elle-même se rapproche un peu du sud (§ 132); d'après nous, il conclut trop vite à cette disparition; car la pointe septentrionale pouvait être difficilement visible à cause de sa proximité du bord oriental. Et, en effet, *le 25 octobre,* comme il fallait s'y attendre, Schroeter, en observant à *10^{h}40^m,* revoit cette pointe dirigée vers le nord : il note alors la réapparition d'une *nouvelle* tache se dirigeant vers le nord, ayant pris naissance sur la même région de la planète que celle du 17 et du 18 octobre (§ 134).

L'habile observateur vérifie qu'à partir du *15 novembre* des bandes caractéristiques commencent à reparaître pour la quatrième fois sous ses yeux depuis le *28 juillet* et toujours sur les mêmes parties de la surface de Mars (§ 145). Cependant une observation aussi exacte ne l'arrache pas à l'influence de son préjugé. Convenons néanmoins que l'on s'étonnerait aussi si Schroeter évitait de baser des conclusions sur des modifications seulement apparentes.

Passons aux observations de l'année 1800, pendant laquelle l'astronome de Lilienthal a évidemment dessiné avec une grande perfection la *Mer de Kaiser* et l'*Océan de Dawes.* Il est remarquable que, d'après ses dessins, deux taches au moins, de forme analogue à celle de cette mer, se suivent de près dans le mouvement de rotation. La plus grande attention est nécessaire pour ne point les confondre.

La figure 4 de ce mémoire représente Mars observé à Lilienthal le *1er novembre 1800, à 8^{h}10^m du soir, temps vrai* (§ 277).

Le 2 novembre, à 7^{h}42^m du soir, temps vrai, l'auteur se voit obligé, dit-il, d'employer un dessin plus grand pour y consigner tous les détails qu'il

observe. J'ai reproduit cet aspect dans la figure 5. Les dessins 4 et 5 sont exécutés à peu près à la même heure, et se rapportent à deux jours consécutifs. Aussi est-on porté d'abord à s'étonner, avec l'auteur, de leurs grandes différences. « En 24 heures se sont produits des changements remarquables, » dit-il; une bande nouvelle, *a b*, rectiligne, est située plus au sud, et une » autre, *c*, également nouvelle, se dirige vers le nord. Au point où elles se » touchent, elles sont plus noires, et semblent situées l'une au-dessus de » l'autre. » En continuant les observations, Schroeter constate que la pointe *c* suit assez régulièrement le mouvement de rotation. A 7^h50^m il aperçoit une surface claire, *f*, située à l'ouest. A 8^h25^m la tache *c* touchait déjà la surface claire : ce phénomène pouvait être dû en partie à l'obliquité plus grande de la région observée : l'intervalle séparant la tache *c* de la surface claire devait en effet se réduire à mesure que cette obliquité se prononçait davantage par l'effet de la rotation. Mais Schroeter préfère attribuer cette apparence à un éclaircissement graduel de la surface, se produisant dans un sens contraire à celui du mouvement de la planète autour de son axe. En ce moment aussi, une surface claire semblable, *g*, se montra à l'est de la tache *c*. Malgré la plus grande attention, l'auteur ne l'avait pas remarquée jusque-là et il conclut à un changement produit sous ses yeux [1] (§ 279).

Schroeter ne peut reprendre les observations qu'à 11^h20^m, *temps vrai*, et trouve Mars comme le représente notre figure 6. Voici, en résumé, les principaux faits qu'il relève : « La bande *ab* présente maintenant une courbure; » la tache polaire septentrionale, la tache claire *g*, ainsi que la pointe *c* de » la figure 5 ont disparu; la surface lumineuse *f* devait être presque invi- » sible au bord occidental; au contraire, on voit près de ce bord une surface » claire très-étendue *d*; une autre grande tache *c* est située précisément à » l'endroit du disque apparent où se trouvait la pointe de la figure 5; mais » elle correspond évidemment à une autre partie de la surface » (§ 280).

Schroeter conclut donc encore à de grands changements sur la surface de

[1] Les effets du passage de nuages dans l'atmosphère de Mars se manifestent quelquefois en réalité. Nous ne citerons ici que les curieux exemples relatés par M. Lockyer dans son Mémoire sur l'opposition de 1862 (*Mém. de la Soc. roy. astron. de Londres.* Vol. XXXII, p. 179; 1862-1865) et le passage du Mémoire de W. Herschel, cité déjà p. 10 de ce travail, note 1.

Mars (§ 281). Voyons cependant s'il n'est pas possible d'expliquer ces dessins en attribuant à la rotation leurs principales différences. L'aspect représenté dans la figure 4 a été observé le 1er novembre, à 8^h10^m du soir, *temps vrai;* celui de la figure 5, le 2 novembre, à 7^h42^m, *temps vrai.* Évidemment cette dernière figure correspond à une phase moins avancée de la rotation que la figure 4, et, si l'auteur n'avait pas dû interrompre ses observations le 2 novembre, à 8^h37^m, je crois qu'il aurait bientôt revu l'aspect du jour précédent. Mais il ne recommence à observer qu'à 11^h20^m. A cet instant, la pointe *c,* située vers le bord occidental de la figure 4, et vers le milieu du disque dans la figure 5, pouvait être difficilement discernée à cause de sa proximité du bord, et la baie *b,* située près du bord oriental de la figure 4, au contraire, s'était avancée vers le milieu du disque (figure 6). Je reconnais que cette explication semble supposer des déplacements assez grands eu égard à la période de rotation et que la position des taches dans les divers dessins ne présente pas l'accord rigoureux que l'on pourrait désirer; mais il est remarquable que l'inspection de trois autres dessins de Schroeter vient confirmer complétement ce que je viens de dire.

Le 4 novembre, à 8^h20^m du soir, temps vrai, l'auteur a représenté Mars comme le montre notre figure 7 (§ 282). Évidemment il avait sous les yeux la même région que le 2, à 7^h42^m. Or, en observant le même jour, *à 10^h41^m* (§ 283), il trouve l'aspect de notre figure 8, qui reproduit celui de la figure 4.

Enfin, *le 6 novembre,* à *10^h55^m,* l'auteur revoit la tache se dirigeant vers le nord et représentée dans les figures 5 et 7, et, en continuant l'observation, il constate l'apparition de la seconde pointe, celle de la figure 6, au bord oriental (§ 288).

Il résulte donc incontestablement de ces faits que Mars présentait deux taches ressemblant, souvent à s'y méprendre, à la *Mer de Kaiser.* Par ses grandes dimensions, par sa netteté plus grande, constatée par l'auteur, la tache pointue de la figure 6 semble devoir être cette mer elle-même. Quant à l'autre baie effilée, se dirigeant vers le nord et observée déjà à 7^h42^m, le 1er novembre, elle pourrait correspondre à la *Passe de Huggins.* Si une étude plus approfondie de *tous* les dessins de Schroeter nous confirme dans cette

conclusion, on ne saurait assez appeler l'attention sur les dimensions énormes que le célèbre astronome attribue cette fois à ce dernier détroit.

Pour terminer ce chapitre que j'ai dû consacrer à l'examen de quelques observations des taches sombres, je placerai encore sous les yeux du lecteur trois dessins où la succession évidente des deux grandes baies et leur importance presque égale se montrent d'une façon remarquable. Nos figures 9, 10 et 11 représentent Mars respectivement le *8 décembre 1800, à 5h19m du soir, temps vrai, à 6h45m* et à *9h45m* (§§ 314, 315 et 316). Dans la figure 9, on retrouve la tache dirigée vers le nord et observée déjà le 2 novembre à 7h42m, figure 5. Dans la figure 10, cette tache se rapproche du bord occidental et l'on en voit paraître une semblable au bord oriental. Cette dernière arrive au centre dans la figure 11. Le dessin que nous venons de nommer représente évidemment le même aspect que la figure 6, et peut soutenir la comparaison avec beaucoup de dessins modernes ayant pour sujet la *Mer de Kaiser* et l'*Océan de Dawes*.

NATURE DES TACHES SOMBRES DE MARS, D'APRÈS SCHROETER.

L'astronome de Lilienthal rappelle une opinion émise par W. Herschel dans un mémoire sur la planète Vénus, publié en 1793 [1] (§ 284). Voici la traduction du passage auquel Schroeter fait sans doute allusion et telle que nous la donne F. Arago [2] : « Je suppose que les bandes brillantes de Jupiter, » comprises entre les bandes obscures, sont les zones où l'atmosphère de » cette planète est le plus remplie de nuages. Les bandes obscures corres- » pondent aux régions dans lesquelles l'atmosphère, complétement sereine, » permet aux rayons solaires d'arriver jusqu'aux portions solides de la pla- » nète, où, suivant moi, la réflexion est moins forte que sur les nuages. »

L'explication que Schroeter donne des taches sombres de Mars est diamé-

[1] *Philosophical Transactions* for 1795.

[2] *Astronomie populaire*, t. IV, p. 556.

tralement opposée : pour lui, ces taches sont des nuages réfléchissant moins de lumière que le corps solide planétaire. Aussi s'élève-t-il énergiquement contre l'opinion d'Herschel : il la trouve incapable de rendre compte de ses observations; nous n'examinerons pas ici tous les arguments qu'il fait valoir; du reste, dans le § 284, pour compléter ses démonstrations, il renvoie le lecteur à ses *Fragments aphroditographiques,* §§ 173 à 175. Je me contenterai de rapporter l'observation suivante qu'il cite à l'appui de sa théorie et qu'il fit dans une ascension sur le mont Brocken : un épais brouillard précéda le lever du soleil; lorsque cet astre commença à monter au-dessus de l'horizon, les vapeurs descendirent peu à peu dans les vallées, sous les pieds de l'observateur; au-dessus de celui-ci le ciel devint d'une sérénité parfaite. Au-dessous, les rayons solaires venaient se réfléchir sur les sommets des montagnes qui se dégageaient peu à peu à mesure que le brouillard s'affaissait. Or, dit Schroeter, l'aspect grisâtre du nuage réfléchissant la lumière solaire était à la splendeur des sommets de montagnes ce que sont les taches sombres des planètes à l'égard de la surface vivement illuminée (§ 400).

Dans son dernier chapitre, comme je l'ai dit, le savant auteur traite longuement de tous les points de ressemblance que présentent la terre et la planète qui fait l'objet de son étude : « Nous trouvons, dit-il, une analogie si grande » entre ces deux corps célestes, leurs atmosphères présentent une si grande » similitude que l'on est porté à en déduire une disposition naturelle complé- » tement semblable des deux sphères elles-mêmes. Mais il faut se garder » de conclure ici d'une manière trop absolue, car les preuves directes nous » font défaut. Je n'ai jamais observé avec conviction des taches obscures » complétement fixes, qui, semblables à nos mers, à nos lacs, auraient » réfléchi moins de lumière. » Et Schroeter expose ensuite les motifs qui expliqueraient pourquoi, suivant lui, on n'aperçoit pas distinctement la configuration de la surface planétaire elle-même (§ 420).

Cependant les grandes taches se terminant en pointe du côté du nord attirent au plus haut degré l'attention du célèbre astronome; c'est au point qu'il leur consacre un paragraphe spécial (§ 408) vers la fin de son œuvre : « En étudiant sérieusement ces observations, dit-il, on sera convaincu que » ces masses de nuages obscurs en forme de pyramides se produisaient sur

» différentes parties de la surface planétaire [1]. Quelle force naturelle les » déterminait à prendre cette forme? Pourquoi leur base s'appuyait-elle tou- » jours à la bande principale? Pourquoi leur pointe se dirigeait-elle toujours » vers le nord? Il serait impossible de répondre à ces questions. Mais, à la » surface de la terre, se produisent aussi des phénomènes qui sont en liai- » son avec les pôles et se rattachent à une force naturelle appelée magné- » tique. Peut-être jetterait-on bientôt du jour sur ces phénomènes si l'on » pouvait observer notre terre d'une distance convenable. »

Après ces citations, l'opinion de l'auteur au sujet de la *Mer de Kaiser* et de l'*Océan de Dawes* ne saurait laisser aucun doute.

ROTATION DE MARS ET MOUVEMENTS DES NUAGES DE SON ATMOSPHÈRE, D'APRÈS SCHROETER.

Schroeter ne pouvait manquer de déterminer la durée de rotation de Mars, et nous trouvons des observations et des calculs conduisant à ce résultat dès les premières pages de son œuvre. Les comparaisons faites en 1787 et en 1792 ont donné des valeurs principales assez différentes, et il considère comme moyenne une durée de

$$24^h39^m50^s,2 \ (\S\ 15)$$

qui, dit-il, se place, comme la période d'Herschel ($24^h39^m21^s$) entre celle de Cassini (24^h40^m) et celle de Maraldi (24^h39^m) [2]. Désespérant de pouvoir

[1] La discussion de quelques dessins nous a prouvé, en effet, comme on vient de le voir, que Schroeter observait *au moins* deux taches terminées en pointe vers le nord.

[2] Maraldi trouva 24^h39^m en comparant ses observations de 1704; il fait remarquer que la tache sur laquelle cette détermination est basée a trop changé pour que l'on pût espérer une plus grande exactitude. (*Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*, p. 74; 1706.) Maraldi émet donc ici une opinion tout à fait conforme à celle de Schroeter. En 1719, Maraldi trouva 24^h40^m, comme Cassini. (*Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*, p. 144; 1720.)

obtenir un résultat parfaitement précis à cause des changements et des mouvements qu'il attribue aux taches (§ 406), il se rallie à la période cassinienne et l'emploie dans tous ses calculs (Chap. I).

Le célèbre astronome a annoncé qu'il avait observé sur cette planète des nuages en mouvement [1]. Mädler rapporte ce fait [2], et c'est l'une des rares observations de Schroeter sur Mars que l'on a livrées à la publicité. On trouve dans le manuscrit que j'ai sous les yeux les plus grands détails à ce sujet : attribuant les taches sombres à des nuages flottant dans l'atmosphère de Mars, l'auteur explique les irrégularités apparentes qu'il trouve dans la durée de rotation par des mouvements réels. Une tache le conduit-elle à une durée de rotation beaucoup trop courte, il conclut qu'elle était douée d'un mouvement propre direct, c'est-à-dire dans le sens de la rotation, et réciproquement. Schroeter est amené ainsi à parler des vents de l'atmosphère de Mars, de leur vitesse et de leur direction. Il calcule soigneusement le déplacement de la tache qui lui semble en désaccord avec la rotation connue, et dresse un tableau anémométrique dans lequel on trouve consignées la vitesse et la direction de quarante-cinq mouvements atmosphériques qu'il a constatés pendant ses longues et laborieuses recherches sur cette planète (§ 399). Nous craindrions de donner trop de développement à cette notice en citant des exemples de ces déterminations. Si Schroeter s'est cru fondé, dans certaines circonstances, à étudier sur une aussi grande échelle les phénomènes atmosphériques de Mars, il faut l'attribuer à trois causes : l'absence de points de repère suffisamment précis dans les taches observées, la confusion de taches quelquefois semblables [3] et l'exclusion de toute défiance à l'égard des changements apparents de cette surface planétaire.

Si les taches sont sujettes à de tels mouvements, comment Cassini est-il parvenu, au point de vue où se place Schroeter, à déterminer si exactement la durée de la rotation? C'est la question que s'adresse l'auteur vers la fin de son ouvrage. « Il est naturel, dit-il, que les taches soustraites à l'action

[1] *Astron. Jahrbuch de Bode* pour 1802, p. 104, note déjà citée.

[2] Dr Mädler. *Populäre Astronomie*, p. 215. Berlin, 1841.

[3] Signalons, comme principal exemple, les taches se terminant en pointe du côté du nord qui, par leur grande ressemblance, donnaient lieu à de sérieuses difficultés.

» de vents notables seules conviennent à cette détermination; de même les » bandes se dirigeant vers le sud ou vers le nord et qui ne se meuvent pas » vers l'est ou vers l'ouest; il en est de même des taches isolées, caractéris- » tiques d'une région de la planète, et c'est dans de telles conditions que » Cassini et Maraldi ont trouvé une valeur si approchée de la rotation. D'ail- » leurs, les observations dans lesquelles j'ai constaté ces mouvements forment » à peine la sixième partie de cet ensemble immense de recherches et, en » dehors de ces cas particuliers, la période de rotation pouvait être évaluée » avec une exactitude satisfaisante (§ 406). »

OBSERVATIONS DE SCHROETER SUR LES TACHES POLAIRES.

Dans la nuit du 18 au 19 juillet 1798, le Dr *Olbers*, qui se trouvait à l'Observatoire de Lilienthal et observait Mars avec le réflecteur de 13 pieds, aperçut la tache polaire méridionale [1]. C'est la première fois que l'on voit figurer ce phénomène dans les dessins de Schroeter. Les deux astronomes constatèrent ensemble que le bord de la planète était plus brillant que le centre; ce dernier était rougeâtre et tacheté; mais la région polaire méridionale était très-claire, très-blanche et très-tranchée (§ 26). Schroeter ne cessa point d'observer cette tache brillante jusqu'à la fin de l'année et les faits constatés par lui m'ont paru très-remarquables.

D'après l'auteur, le solstice méridional de Mars avait lieu le 27 septembre. Quoi qu'il en soit, les observations se rapportent en grande partie à l'été de l'hémisphère méridional. L'extrémité sud de l'axe s'inclinait vers la terre et la région brillante australe a été figurée dans tous les dessins à partir du 18 juillet, tandis que la tache septentrionale fut longtemps invisible.

A l'époque de sa découverte par le Dr Olbers, la tache méridionale se faisait remarquer par sa grandeur; les jours suivants elle présenta des variations

[1] *Allgem. geograph. Ephem.* de von Zach, vol. II, p. 267: 1798. Lettre du Dr Olbers sur cette observation. — P. 495. Lettre de Schroeter.

d'éclat et d'étendue (§ 67), mais, à partir du 2 septembre, elle parut entrer franchement dans une phase décroissante (§ 70) et devint ensuite extrêmement petite. A partir du 8 octobre, elle se réduisit à un petit disque lumineux, nettement séparé du bord de la planète (figure 3) [1]. Dès ce moment, sa fixité, en dépit du mouvement de rotation, permit de déterminer la position du pôle. Le 25 octobre, elle sembla se rapprocher du bord; le 26, Schroeter la trouva aussi petite que l'un des moindres satellites de Jupiter. Les jours suivants, il la vit se rapprocher de plus en plus du bord et enfin se confondre à peu près avec lui le 15 novembre (§§ 175 à 199) [2].

Le 20 novembre, l'habile astronome retrouve encore la petite tache dans la même position; mais une grande lueur qui s'étend à l'occident du petit disque se confond en partie avec lui. Cette nouvelle lueur se déplace par la rotation, comme il fallait s'y attendre; car l'auteur a établi que le pôle est contenu dans la petite tache (§§ 201, 202, 218 et 219).

Après ce jour on ne voit plus figurer que très-exceptionnellement dans les dessins la petite zone polaire; mais l'auteur observe constamment une tache brillante considérable et présentant des différences d'aspect et d'étendue. Enfin, le 20 décembre, la tache polaire boréale paraît à son tour et pour la première fois; depuis cette date jusqu'au 1^er^ janvier 1799, c'est-à-dire jusqu'à la fin de cette série d'observations, l'auteur voit à la fois les neiges des deux pôles (§§ 220 à 238).

Les phénomènes que nous venons de résumer nous semblent coïncider d'une façon remarquable avec les positions successives de l'axe de la planète relativement au soleil; on voit la tache polaire australe réduite à ses moindres dimensions pendant l'été de son hémisphère. Nettement séparée du bord, elle apparaît comme un point lumineux. Elle reprend ensuite du développement tandis que le soleil s'abaisse vers l'équateur de Mars.

Schroeter observait déjà presque toutes les particularités que l'on remarque aujourd'hui en étudiant les taches polaires : la variabilité de l'éclat et de l'extension, l'inégalité de cette extension dans diverses directions, et, sous ce

[1] Dans le dessin original que représente la figure 3, la tache polaire touche le bord.

[2] *Astron. Jahrbuch de Bode* pour 1802, p. 104. Schroeter mentionne ces observations de la tache polaire.

rapport, il dit expressément que ces taches n'ont pas un contour circulaire régulier (§§ 353 et 413), tache polaire éclatante entourée de lueurs moins vives, zone brillante bordée d'un trait obscur, saillie apparente de la tache par irradiation (§ 307).

De plus, l'auteur attache une certaine importance à une différence d'aspect qu'il signale entre les deux taches polaires : la méridionale lui paraît blanche et jaunâtre, la septentrionale un peu bleuâtre (§ 412).

Rappelant les observations de Cassini, de Maraldi et de W. Herschel, Schroeter remarque d'abord que la constance de ces apparitions aux pôles doit être en relation avec un climat particulier de cette région de la planète (§ 412); les modifications de ces taches dénotent, selon lui, l'influence des phénomènes atmosphériques. Cependant l'auteur ne peut admettre que les apparitions et les disparitions de ces taches soient en rapport régulier avec les saisons. En comparant les observations de Maraldi, de W. Herschel et les siennes propres, il constate, en effet, qu'à une saison donnée de Mars, ne correspondent pas toujours des observations identiques des taches polaires, ou, en d'autres termes, que la présence d'une tache neigeuse déterminée ne caractérise pas toujours la même saison : il trouve, par exemple, que la tache méridionale a été observée, tantôt pendant l'été méridional, tantôt pendant l'été septentrional (§ 413). Mais une telle régularité n'est pas nécessaire pour que l'on puisse attribuer les grands phénomènes des taches polaires à l'action du soleil. A l'époque des solstices Martiels, en effet, deux circonstances favorisent l'observation de la tache brillante d'un pôle donné : ou bien l'inclinaison de ce pôle du côté de la terre, coïncidant généralement avec une faible extension de la tache neigeuse, ou bien le plus grand développement de la zone brillante coïncidant avec la situation du pôle dans la région invisible. La première condition est réalisée pendant l'été d'un hémisphère, la seconde pendant son hiver. La tache polaire méridionale, prise comme exemple, peut être observée pendant l'été méridional à la faveur de la première condition et pendant l'été de l'hémisphère opposé à la faveur de la seconde. Si Schroeter avait pu profiter des résultats acquis aujourd'hui, il ne faut pas douter que cette remarque, appliquée aux difficultés qu'il rencontre, les eût toutes résolues. Nous allons voir du reste que son explication

des taches polaires, presque conforme aux idées modernes, le met en quelque sorte dans la nécessité d'admettre implicitement cette influence des saisons.

Schroeter rejette d'abord l'hypothèse qui attribuerait ces taches à une réflexion plus vive de la lumière sur les nuages de l'atmosphère de Mars. Nous avons vu qu'il s'est déjà montré opposé à cette idée [1]. D'après lui, la lumière la plus vive de la planète est réfléchie par le corps planétaire lui-même : « Mais, s'il en est ainsi, dit-il, les zones polaires doivent être plus » aptes, grâce à une disposition naturelle particulière, à réfléchir une lumière » plus vive et doivent jouir d'un ciel plus constamment serein, car des masses » de nuages intercepteraient les rayons solaires; ou bien elles doivent cette » lueur à un précipité atmosphérique éblouissant (*blendenden atmosphäris-* » *chen Niederschlag*). Cette dernière hypothèse est la plus vraisemblable; » car elle explique aussi les changements accidentels qu'on observe. Que » l'on s'imagine un ciel couvert qui donne lieu, sur ces surfaces polaires, à » un précipité [2] blanc, éblouissant, semblable à notre neige, et qui devienne » ensuite serein; que l'on s'imagine aussi les liquides de la surface trans- » formés par le froid en une surface solide miroitante, et cette explication » établira une analogie de plus entre Mars et notre terre (§ 414). »

FORME SPHÉROÏDALE DE MARS; DÉFORMATIONS APPARENTES ET ACCIDENTELLES DE SON DISQUE, D'APRÈS SCHROETER.

Le résultat des observations de Schroeter sur l'aplatissement de Mars est depuis longtemps livré à la publicité [3]. Aussi serai-je très-bref sur ce sujet. On trouve dans le manuscrit dont j'ai l'honneur d'entretenir l'Académie tous les détails relatifs à cette question.

[1] Voy. pp. 18 et 19.

[2] Il m'a semblé intéressant de constater que Beer et Mädler, dans leurs *Fragments sur les corps célestes*, emploient les mêmes termes que ceux de cette traduction : « un *précipité* analogue à notre *neige*, » p. 174.

[3] *Allgem. geograph. Ephem.* de von Zach, vol. II, p. 495; 1798. — *Astron. Jahrbuch de Bode* pour 1802, p. 104.

En janvier 1788, Schroeter portait déjà son attention sur la forme du disque de Mars. Son journal mentionne expressément qu'il n'a pas constaté de différence entre le diamètre polaire et le diamètre équatorial (§§ 3 et 89). Mais le 19 mars 1792, il remarque un aplatissement et le trouve plus petit que celui de Jupiter. Le 20 mars 1792, il mesure les diamètres de la planète et trouve un aplatissement de $\frac{1}{15}$ (§§ 7 et 89). Cependant la position du petit diamètre ne s'accorderait pas avec le déplacement des taches et Schroeter attache peu d'importance à ce résultat d'après la fin de son § 7.

Les observations les plus importantes ont eu lieu pendant l'année 1798, époque où la planète Mars se trouvait à une grande proximité relative de la terre. C'est alors que le savant observateur, après des recherches multipliées et exécutées dans les conditions les plus favorables, trouve l'image de Mars plus conforme à un disque parfaitement circulaire qu'à un disque dont les diamètres étaient dans le rapport de 80 à 81 ; que, par conséquent, si cette planète est aplatie aux pôles, l'aplatissement est inférieur à $\frac{1}{81}$ (§ 84).

W. Herschel déduit de ses observations un aplatissement de $\frac{1}{16}$, et Schroeter entre dans une longue dissertation à ce sujet. Il rend hommage à l'habileté de l'astronome de Slough, il considère le résultat de celui-ci comme exact pour l'époque où les observations ont été faites et se demande ensuite à quoi il faut attribuer ces divergences [1]; il pense qu'on doit en chercher la cause dans l'atmosphère de Mars et établit un rapprochement entre l'aplatissement constaté à certaines époques et des déformations locales du disque dont nous devons dire quelques mots (§ 90).

L'auteur a relaté dans ses autres ouvrages des observations relatives à des déformations singulières du contour de Jupiter et de Vénus. Le 21 septembre 1798, il observa pour la première fois dans Mars un fait analogue. Le contour de la planète semblait aplati depuis la tache polaire méridionale jusqu'à une distance d'environ 70° à l'ouest (§ 111). Une apparence de ce genre se présenta encore le 12 novembre 1800, à 7^h29^m du soir. De légères vapeurs couvraient le ciel et obscurcissaient un peu la planète; mais l'image

[1] Dans son *Mémoire sur Mars*, Arago a cherché avec succès à rendre compte des résultats si différents obtenus dans ces déterminations. *Mémoires scientifiques*, t. II, p. 252.

n'en était que plus nette [1]. Dans la région comprise entre le sud et l'ouest, elle se terminait par une ligne droite, au lieu d'être limitée par la continuation de sa circonférence. Ce fait a été l'objet de la plus grande attention; l'auteur a donné successivement à l'astre des positions très-différentes dans le champ de son télescope de 13 pieds, armé d'un grossissement de cent trente-six fois, et l'illusion n'avait pas encore disparu à 7^h35^m. Quelques minutes plus tard, le phénomène devint moins évident, mais les vapeurs qui couvraient le ciel s'épaissirent bientôt au point d'interrompre toutes les recherches.

Schroeter expose ensuite quelques réflexions sur ce genre de phénomènes : il croit devoir l'attribuer à des déviations subies par les rayons lumineux dans certaines régions de l'atmosphère planétaire. Son explication est trop concise pour être claire et il renvoie le lecteur à ses ouvrages antérieurs [2]. Il attache une certaine importance au fait que jamais, ni dans Mars, ni dans Jupiter, ni dans Vénus, il n'a observé de pareilles déformations dans l'hémisphère septentrional (§§ 295 et 296).

Quoi qu'il en soit, il m'a semblé qu'au point de vue historique de ce mémoire, ces observations méritaient d'être citées et mises en regard d'autres apparences qu'il faut sans doute ranger parmi les illusions d'optique : on trouve un autre exemple de ces altérations des images dans l'aspect singulier sous lequel l'illustre W. Herschel a cru observer le globe de Saturne, qui prenait dans ses télescopes la forme d'un rectangle arrondi à ses quatre sommets [3].

[1] Schroeter mentionne souvent l'avantage que peut tirer l'observateur de la présence de légères vapeurs qui, en affaiblissant un peu l'image, lui donnent un grand calme et une grande netteté. C'est dans ces circonstances qu'il procède de préférence à ses observations et à ses mesures les plus délicates. Il en est de même des observations faites dans le voisinage de la lune et, en général, dans un ciel éclairé. Tous les observateurs ont eu l'occasion d'apprécier les effets salutaires de pareilles conditions.

[2] Schroeter renvoie ici aux *Aphroditographische Fragmente*, §§ 89 à 91, et aux *Beyträge zu den neuesten Astronomischen Entdeckungen*, vol. II, Mélanges, pp. 7 à 15.

[3] Arago. *Astron. popul.*, t. IV, p. 457.

DIRECTION DE L'AXE; OBLIQUITÉ DE L'ÉCLIPTIQUE; SITUATION DES POINTS ÉQUINOXIAUX ET SOLSTICIAUX; DIAMÈTRE APPARENT DE MARS; D'APRÈS LES DÉTERMINATIONS DE SCHROETER, OLBERS ET HARDING.

L'astronome de Lilienthal ne laissa point échapper l'occasion de prendre toutes les mesures nécessaires à la détermination des éléments que nous venons d'énumérer, et il profita spécialement de la tache polaire méridionale, parfaitement fixe, très-petite, observée du 8 octobre au 16 novembre 1798 (§§ 175 à 200), pour rechercher la position exacte du pôle et en conclure la direction de l'axe (§§ 202 à 208) [1].

Les résultats déduits de ces nombreuses mesures avec l'aide de *Harding* ont été soumis au calcul par *Olbers*. Nous donnons ici la moyenne de dix-neuf déterminations de la direction de l'axe, telle que Schroeter la conclut définitivement (§§ 209 à 214) :

Latitude du pôle sud.	60°55′12″.
Longitude du pôle sud	172°54′44″.

W. Herschel avait cherché à déterminer les mêmes éléments et était arrivé aux résultats [2] :

Latitude du pôle sud.	59°42′ 0″.
Longitude du pôle sud	167°47′ 0″.

Schroeter insiste beaucoup sur le soin qu'il a pris de faire intervenir ici, au lieu de la largeur théorique de la phase de Mars, la largeur directement

[1] *Allgem. geograph. Ephem.* de von Zach, vol. III, p. 114; 1799. — Le Dr Olbers mentionne dans une lettre ces observations de Schroeter.

[2] W. Herschel emploie les termes : *Inclinaison de l'axe sur l'écliptique* au lieu de *Latitude du pôle*, et j'ai donné ici la valeur de 59°42′, telle qu'elle se trouve dans les *Transactions philosophiques*. Schroeter a écrit : 59°41′. Herschel ajoute ensuite, « faute d'un meilleur terme, » que le *nœud de l'axe* se trouve à 17°47′ des Poissons. Cet astronome avait ici en vue le pôle nord de Mars. Schroeter a donc conclu avec raison que le pôle sud, dirigé vers un point du ciel diamétralement opposé, avait pour *longitude*, suivant Herschel : 167°47′0″. (Voy. *Philosophical Transactions* for 1784, vol. LXXIV, pp. 247 et suiv.)

déduite de ses mesures. La phase éclairée lui a toujours paru, en effet, moins large que ne l'exigeait le calcul [1].

Schroeter trouve enfin (§ 215) :

Obliquité de l'écliptique de Mars	27°56′51″.
Longitude du point équinoxial du printemps pour l'hémisphère boréal.	264°55′55″.

W. Herschel avait trouvé de son côté [2] :

Obliquité de l'écliptique de Mars	28°42′.
Longitude du point équinoxial du printemps pour l'hémisphère boréal.	259°28′.

Dans la matinée du 1er septembre 1798, dans des conditions très-favorables, et au moment du plus grand rapprochement de Mars, l'astronome de Lilienthal a mesuré le diamètre apparent de la planète et, par des observations répétées, il trouve pour ce diamètre (§§ 84 à 86) :

26″,17.

Il croit ce résultat digne de toute confiance et il déduit de toutes ses mesures prises vers cette époque une moyenne de :

26″,04.

[1] En discutant les résultats obtenus par W. Herschel à l'égard de la durée de rotation, Beer et Mädler font observer que « dans Vénus et dans Mercure la largeur de la partie obscurcie se » trouve être toujours un peu plus grande que le calcul ne le demande. » C'est une assertion conforme à celle de Schroeter. Voy. *Fragments sur les corps célestes*, p. 181.

La décroissance de la lumière, observée en plusieurs occasions par Schroeter, à la limite d'éclairement de Mars (voyez figure 5) est, de sa part, l'objet d'une attention très-grande. Il envisage la part que pourraient avoir dans ce phénomène les montagnes de la planète. Personne ne peut nier la probabilité de l'existence, à la limite éclairée, d'ombres de montagnes qu'une distance considérable nous empêche d'apercevoir; mais, attribuant à ces ombres une importance peut-être trop grande ici, Schroeter entre dans des considérations très-curieuses et auxquelles le lecteur est loin de s'attendre. C'est ainsi que l'auteur est conduit à admettre, dans l'hémisphère méridional, l'existence de montagnes plus hautes que dans l'hémisphère septentrional, parce que la partie méridionale de la phase éclairée lui a paru quelquefois moins large que la partie boréale. L'auteur établit, d'ailleurs, à ce sujet, des rapprochements entre ses observations de Mars et des observations analogues qu'il a faites sur la lune, sur Mercure et sur Vénus (§§ 421 à 426).

[2] *Philosophical Transactions* for 1784, vol. LXXIV, pp. 247 et suiv. « Le point ♈ de l'écliptique Martiel est à 19°28′ du Sagittaire de l'écliptique terrestre », dit Herschel.

Elle ne diffère que de 0″,13 du résultat obtenu le 1er septembre à la faveur du concours de toutes les circonstances favorables possibles.

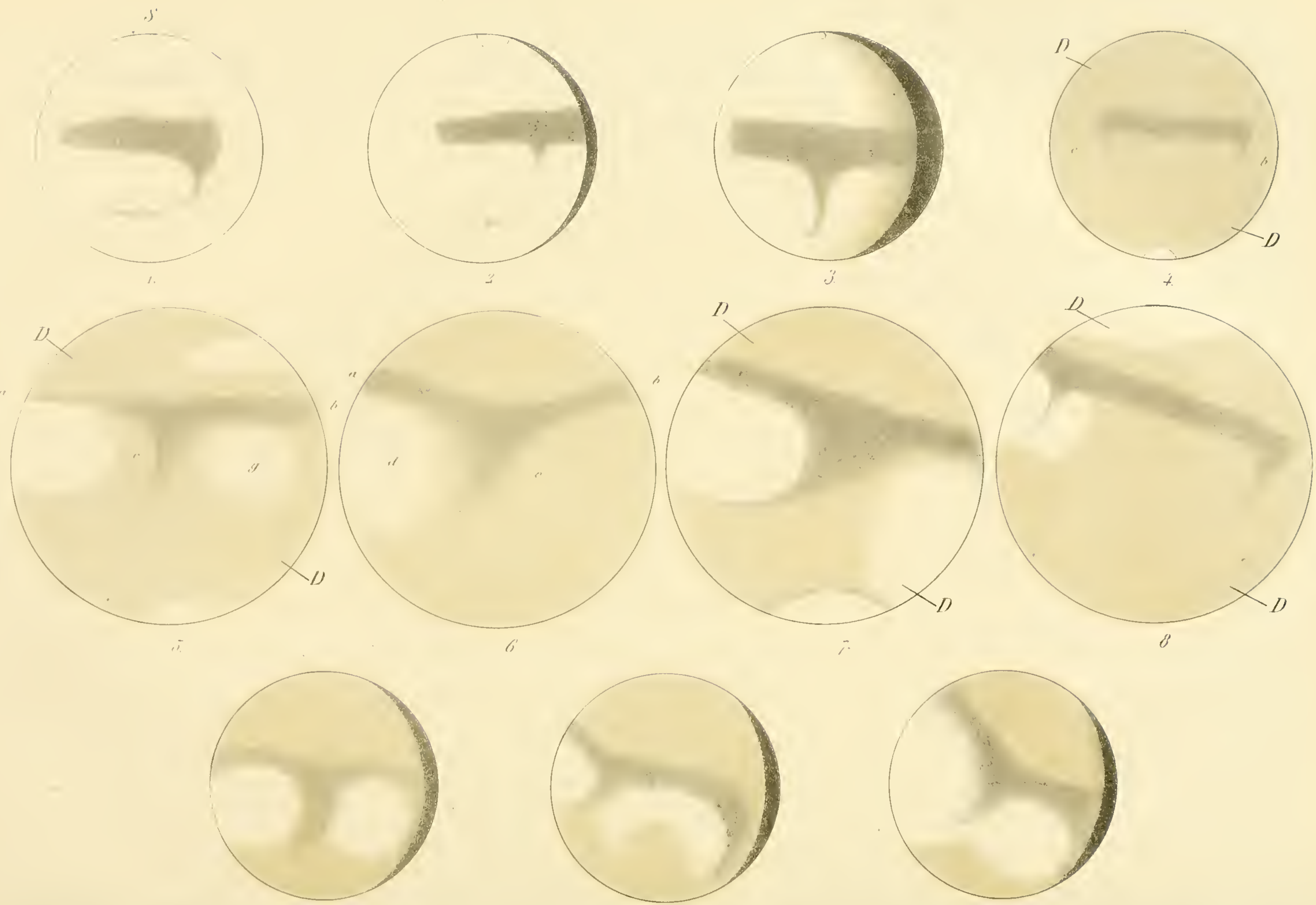
Schroeter évalue ensuite (§ 87) le diamètre apparent de Mars, vu de la distance moyenne qui sépare la terre du soleil, à

9″,84.

W. Herschel avait trouvé, pour le même élément :

9″,8‴.

Ma tâche serait loin d'être terminée si j'avais voulu faire un résumé, même succinct, de tous les faits rapportés dans le manuscrit des *Areographische Fragmente :* tel ne pouvait être mon but et j'arrive au terme de cette analyse. Mon désir était d'appeler l'attention des astronomes sur cet immense travail soustrait jusqu'ici à leurs investigations : il représente dix-huit années de méditations et de recherches; il nous fournit une collection de dessins qui, sous le rapport du nombre, ne le cède à aucune des séries que nous connaissons. Bientôt il nous aidera puissamment à interpréter les dessins anciens et notamment ceux de W. Herschel. Conservé pieusement pendant plus d'un demi-siècle, il nous est parvenu dans l'état où l'auteur l'a laissé. Formons donc le vœu que ce précieux souvenir de l'un des plus célèbres observateurs ne soit point perdu pour la science et pour son histoire, et qu'il puisse prendre à côté des *Fragments sélénotopographiques, aphroditographiques, hermographiques*, et de tant d'autres ouvrages de l'infatigable astronome, le rang mérité que Schroeter lui avait destiné.



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11.

Lith G Severeyns, Bruxelles

EXPLICATION DE LA PLANCHE.

(La planète Mars d'après les dessins originaux et inédits de J.-H. Schroeter et d'après les gravures de Tischbein.)

Fig. 1. — *Le 18 septembre 1798*, à 10^h16^m du soir (fig. 64 des *Areographische Fragmente*).

— 2. — *Le 19 septembre 1798*, à 7^h51^m du soir (fig. 65, *ibid.*).

— 3. — *Le 18 octobre 1798*, à 6^h4^m du soir; cette figure représente la petite tache polaire qui, cette fois, touche le bord dans le dessin original de Schroeter (fig. 89 des *Areographische Fragmente*).

— 4. — *Le 1^er novembre 1800*, à 8^h10^m du soir, temps vrai; *DD*, direction d'un cercle de déclinaison passant par le centre du disque (fig. 172 des *Areographische Fragmente*).

— 5. — *Le 2 novembre 1800*, à 7^h42^m du soir, temps vrai; *DD*, cercle de déclinaison (fig. 174 des *Areographische Fragmente*).

— 6. — *Le 2 novembre 1800*, à 11^h20^m du soir, temps vrai (fig. 175 des *Areographische Fragmente*).

— 7. — *Le 4 novembre 1800*, à 8^h20^m du soir, temps vrai; *DD*, cercle de déclinaison (fig. 176 des *Areographische Fragmente*).

— 8. — *Le 4 novembre 1800*, à 10^h41^m du soir; *DD*, cercle de déclinaison (fig. 177 des *Areographische Fragmente*).

— 9. — *Le 8 décembre 1800*, à 5^h19^m du soir, temps vrai (fig. 195 des *Areographische Fragmente*).

— 10. — *Le 8 décembre 1800*, à 6^h45^m du soir (fig. 196 des *Areographische Fragmente*).

— 11. — *Le 8 décembre 1800*, à 9^h45^m du soir (fig. 197, *ibid.*).

ESSAI

SUR

L'ÉTAT DE LA VÉGÉTATION

A

L'ÉPOQUE DES MARNES HEERSIENNES

DE GELINDEN;

PAR

le comte G. de SAPORTA et le docteur A.-F. MARION.

—

(Présenté a la classe des sciences de l'Académie le 3 mai 1873.)

ESSAI

SUR

L'ÉTAT DE LA VÉGÉTATION

A L'ÉPOQUE

DES MARNES HEERSIENNES DE GELINDEN.

D'immenses lacunes ont isolé d'abord l'une de l'autre les grandes périodes entre lesquelles les géologues partagent le passé du globe. Aux yeux des premiers explorateurs, chacune de ces périodes, caractérisée par une création particulière, avait dû se terminer par une destruction presque universelle de la vie; chacune d'elles avait possédé pendant sa durée des êtres spéciaux, nés avec elle, combinés diversement suivant les étages secondaires et les régions que l'on considérait, mais destinés de toute façon à finir, à de très-rares exceptions près, en même temps que l'époque au début de laquelle avait eu lieu leur apparition. Cette donnée théorique, après avoir longtemps prévalu, tombe de jour en jour; on peut dire qu'elle s'effondre rapidement sous les faits nouveaux qui surgissent, pour céder la place à une théorie nouvelle, non pas peut-être définitive, mais certainement plus voisine de la réalité : celle de la continuité des périodes biologiques et par conséquent des étages et des terrains, les solutions matérielles que laissent voir ceux-ci, et qui servent à les

distinguer, n'étant plus que le résultat d'autant d'accidents dus à des phénomènes locaux et régionaux. L'erreur consisterait maintenant à vouloir attribuer à ces mêmes accidents, quelque étendus qu'ils puissent paraître, une portée générale, comme s'ils s'étaient manifestés à un moment donné sur la face entière du globe et qu'ils eussent du même coup entraîné le renouvellement des êtres organisés et bouleversé l'aspect de tous les continents.

Tout se lie effectivement en géologie, les dépôts sédimentaires aussi bien que les ensembles d'êtres vivants et les combinaisons successives auxquelles ces êtres ont donné lieu, soit en s'associant de plusieurs manières, soit en étant soumis à d'incessantes variations. A quelque point de vue que l'on se place, si nous sommes parvenus à connaître les organismes anciens, c'est en observant leurs vestiges demeurés plus ou moins visibles au sein des couches, par conséquent à l'aide d'un moyen indirect et nécessairement imparfait. En réalité, l'existence de ces organismes n'a rien de connexe en soi avec les circonstances fortuites et indépendantes d'eux qui ont favorisé de temps à autre leur passage à l'état fossile. C'est à l'action seule des eaux et aux phénomènes dépendant de cette action qu'ils ont dû d'arriver jusqu'à nous; mais les circonstances favorables à la conservation de leurs dépouilles ne se sont pas produites d'une façon régulière, et de plus, les êtres qui vivent à l'air libre et sur le sol émergé n'ont pu en profiter dans une infinité de cas. Enfin, il est certain que les eaux, soit marines, soit lacustres, sont loin d'avoir toujours donné naissance à des lits assez importants pour attirer l'attention, assez clairement disposés pour que l'âge relatif en ait pu être fixé, assez peuplés d'espèces fossiles pour que leur présence devînt un élément d'appréciation. Ces époques stériles, si des observations plus fécondes, transportées au sein d'un autre bassin géologique, ne viennent pas y suppléer, doivent, pour peu qu'elles se répètent en s'ajoutant bout à bout, nous condamner à perdre de vue les êtres qui ont vécu dans l'espace chronologique qu'elles représentent. Nous sommes alors exposés à deux erreurs dont l'origine relève de la même cause : la première, c'est de nous figurer que la vie était absente là où aucune trace ne révèle sa présence; l'autre consiste à croire qu'elle s'est renouvelée, parce que, à la suite d'une lacune, les êtres observés diffèrent de ceux qui existaient antérieurement sur les mêmes lieux.

On voit donc combien sont factices les fondements sur lesquels reposent les prétendues périodes biologiques, combien leurs limites sont artificielles et sujettes à s'effacer devant les moindres découvertes! C'est évidemment par une pétition de principe que nous concluons de l'absence des couches et de la rareté des fossiles à l'absence ou à la pauvreté synchronique des êtres vivants; rien ne prouve directement qu'il en ait été ainsi et nous imitons, en raisonnant de cette façon, celui qui tiendrait pour désertes au temps des Romains et des Gaulois toutes les villes dépourvues de monuments antiques. Au contraire, c'est par une sorte de hasard merveilleux que les êtres anciens, surtout les animaux et les plantes terrestres, ont pu faire arriver leurs restes jusqu'à nous; il faut donc retirer d'une étude aussi curieuse tous les résultats qu'elle comporte, en se gardant bien d'y rattacher des conséquences exagérées ou menteuses. Les lacunes disparaîtront parce que la terre est à peine effleurée sur un coin et que les occasions de rencontrer à l'état fossile quelques-uns au moins des êtres qui ont peuplé les époques les plus défavorables à la fossilisation, les plus dénuées de sédiments, se multiplieront forcément en même temps que les investigations. — Par cela même et pendant longtemps encore, l'intérêt le plus vif s'attachera aux dépôts servant de lien à des formations géologiques considérées d'abord comme distinctes et indépendantes l'une de l'autre. La paléontologie et la stratigraphie profitent également de cet ordre de découvertes, qu'il s'agisse de rechercher le caractère des premières assises secondaires ou de définir la vraie nature des couches qui établissent une sorte de transition ménagée entre le jura et la craie. Les discussions récentes sur le trias, l'infralias ou le klippenkalk appartiennent à la même catégorie de recherches, et ne resteront pas stériles si elles contribuent à démontrer cette vérité, qui se dégage de plus en plus de tous les travaux sérieux, que la vie, durant ses phases successives, n'a jamais subi d'interruption et que sa marche, quelquefois ralentie, s'est toujours poursuivie sans autre point d'arrêt que les lacunes apparentes dues à l'imperfection de nos moyens d'exploration.

Les mêmes considérations s'appliquent avec autant et plus de raisons au passage encore obscur qui mène des derniers dépôts crétacés aux premières formations tertiaires. Le vide a longtemps paru énorme entre les deux âges. En allant de l'un à l'autre, on quittait, pour ainsi dire, un monde pour en

aborder un autre; rien ne se ressemblait des deux parts, tellement le contraste était formidable en apparence. En laissant la craie il fallait dire adieu à tout un ensemble d'êtres parmi lesquels les Ammonitidés, à cause de leur grand rôle, frappaient l'esprit au moment de disparaître de la scène du monde, tandis que les mammifères, inconnus ou à peu près avant le tertiaire, inauguraient l'ère nouvelle et frayaient la voie à une nature sans relation avec celle qui avait régné jusque-là. Ce point de vue originaire s'est pourtant bien modifié peu à peu; en dessous de l'argile plastique et au-dessus de la craie de Maestricht avec ses derniers et monstrueux sauriens, des étages se sont échelonnés, amoindrissant successivement la distance. Cependant, même en l'état actuel des connaissances, les premières faunes tertiaires demeurent encore isolées de celles des temps antérieurs par une rupture des plus accentuées. L'ensemble du grand groupe des mammifères éocènes nous apparaît presque sans précédents; mais ces nouveaux venus eurent certainement des ancêtres, dont il faudra rechercher les restes dans les assises crétacées supérieures. Les types actuels de la classe des oiseaux et de celle des reptiles semblent avoir commencé vers cette même époque leur marche ascendante. Les couches sénoniennes du bassin à lignites de Fuveau, illustrées par les travaux de M. Matheron fournissent quelques crocodiles primitifs dont la découverte a permis de reculer dans un passé plus lointain l'origine des sauriens de ce groupe. Nous sommes malheureusement moins favorisés relativement aux autres vertébrés supérieurs et nous connaissons à peine imparfaitement quelques débris de mammifères et d'oiseaux crétacés. L'étude des formations intermédiaires entre la craie et le tertiaire s'impose donc comme l'un des *desiderata* les plus pressants des sciences géologiques. Là se cache en effet le point de départ de l'état zoologique et botanique actuel. Nous pouvons reconnaître dans l'époque crétacée l'avénement des flores nouvelles dans lesquelles les plantes angiospermes jouèrent un rôle de plus en plus prépondérant. Mais ici même, dans le domaine phytologique, les documents sont d'autant plus précieux qu'ils sont rares. Les végétaux crétacés sont peu connus et a peine possédons-nous quelques florules rapportées au tertiaire ancien. La lacune relative à cette transition semble même exister au point de vue de la liaison matérielle des couches, du moins si

l'on considère les dépôts des régions septentrionales. Ailleurs, il en sera peut-être autrement; c'est le cas d'insister sur ce point et de répéter que les dispositions propres à un bassin peuvent faire place dans un autre à des combinaisons différentes; et rien n'est moins hardi que de prétendre qu'une formation, importante dans une contrée, peut faire plus loin complétement défaut. Mais on comprend aussi que, dans les recherches comparatives, les arguments paléontologiques viennent heureusement suppléer à l'insuffisance si souvent constatée des travaux de stratigraphie pure.

I

RÉSUMÉ GÉOLOGIQUE DES TRAVAUX RELATIFS A LA POSITION DES MARNES HEERSIENNES DE GELINDEN.

Les réflexions qui précèdent étaient nécessaires au début de cet essai sur la flore fossile de l'un des étages tertiaires de Belgique les plus controversés parmi ceux qui ont été récemment observés dans ce pays. L'âge de ce dépôt, entaché d'ambiguïté, a d'abord donné lieu aux interprétations les plus diverses, jusqu'au moment où, réuni à d'autres termes ajoutés comme lui à la série éocène inférieure, il est venu prendre place dans le système *heersien*, que Dumont avait voulu rattacher à la craie, mais dont le rang a été finalement déterminé à la suite de recherches plus minutieuses. En dernier lieu, les découvertes de MM. Cornet et Briart ont démontré que les assises de calcaire grossier des environs de Mons devaient être reportées encore plus bas dans la série tertiaire que le système précédent [1]. Il serait toutefois impossible d'affirmer que la faune si intéressante décrite par les deux savants ait

[1] Briart et Cornet, *Fossiles du calcaire grossier de Mons* (Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers, publiés par l'Académie royale de Belgique, t. XXXVI, et Bull. acad. de Belg., 2me série, t. XX, p. 757, etc.).

appartenu au premier début de la période éocène. L'étude des derniers fossiles crétacés indique plutôt l'existence d'un vide entre le calcaire pisolithique et les couches de Mons; ce vide correspondrait peut-être alors à la période transitionnelle représentée dans le sud et le sud-ouest de la France par l'étage garumnien de M. Leymerie et par le système des argiles rutilantes de Vitrolle et de Beaurecueil, dans les Bouches-du-Rhône. Nos connaissances sont malheureusement encore trop incomplètes pour nous permettre d'établir un synchronisme détaillé entre les dépôts du nord et ceux du midi. Il serait indispensable auparavant de faire un relevé exact de toutes les couches qui se sont succédé sans interruption dans les bassins pyrénéen et méditerranéen, depuis les temps crétacés moyens jusqu'au miocène. Les travaux géologiques en préparation font espérer cependant une solution prochaine, sinon totale, du moins partielle, de ces importantes questions. Il nous suffira, dans l'intérêt des études spéciales que nous avons pour objet, de parcourir rapidement la succession des assises de l'éocène inférieur, telle que l'ont fixée les dernières recherches, et de déterminer l'âge relatif des lits heersiens qui contiennent, à Overbroeck près de Gelinden, province de Limbourg, les végétaux que nous voulons décrire.

Nous trouvons dans le *Prodrome d'une description géologique de la Belgique,* par M. G. Dewalque, cinq étages principaux, eux-mêmes subdivisés, qui se rapportent également au tertiaire le plus inférieur : à la base le *calcaire de Mons*, puis le système *heersien*, le *landenien* (inférieur et supérieur), l'*ypresien* (inférieur et supérieur), enfin le *paniselien*. Grâce aux travaux importants des géologues belges, trois de ces étages, le landenien, l'ypresien et le panisélien demeurent dès maintenant bien connus, au point de vue paléontologique, et les mémoires de Dumont et de M. Dewalque nous renseignent sur leurs rapports synchroniques. Les couches inférieures du système landenien se rapportent évidemment à l'époque du dépôt des sables de Bracheux; les lignites du Soissonnais correspondent de même au landenien supérieur, tandis que les sables de Flandre, de l'ypresien supérieur, et le système panisélien appartiennent manifestement encore à l'époque des sables de Cuise à *Nummulites planulata*. Toutes les assises inférieures du bassin de Paris paraissent donc être représentées en Belgique; et cette région pos-

sède même quelques assises qui font défaut dans le nord de la France, puisque les argiles des Flandres (ypresien inférieur) doivent être assimilées au *London clay*. Ce n'est point là du reste un fait inattendu; et les développements donnés plus haut à notre pensée nous dispensent d'insister sur la vraisemblance *à priori* de l'opinion de ceux qui ont été amenés à reconnaître dans les étages situés à l'extrême base de la série belge, le *heersien* et le *calcaire de Mons*, les représentants d'une période dont il n'existerait aucune trace sédimentaire dans le bassin de Paris. Il convient seulement de rappeler que les assises du landenien inférieur du Hainaut, assimilées avec vraisemblance au système des sables de Bracheux, correspondent par cela même au terme que nous avons été longtemps habitués à considérer comme le plus inférieur de la série parisienne. Il était donc fort naturel d'admettre l'existence d'une lacune placée, dans le nord de la France, entre le calcaire pisolithique profondément raviné et les sables de Bracheux, lacune correspondant, en partie au moins, aux étages belges inférieurs aux couches landeniennes. Cette question stratigraphique est restée cependant indécise, en apparence au moins. A la suite de nouveaux débats relatifs aux sables de Bracheux eux-mêmes, M. le professeur Hébert a publié, à propos de ceux-ci, dans le Bulletin de la Société géologique, une nouvelle classification des couches éocènes inférieures du bassin de Paris, d'après laquelle il croit devoir subordonner aux sables de Bracheux les calcaires de Rilly et les travertins de Sézanne; plus bas encore, il place les sables blancs de Rilly et un étage de poudingues et de sables marins, établissant ainsi des termes équivalents aux calcaires heersiens supérieurs, aux marnes crayeuses de Gelinden et au calcaire de Mons [1]. Le professeur de la Sorbonne s'appuie, pour établir sa manière de voir, sur des considérations paléontologiques; nous pensons toutefois devoir, non-seulement émettre des réserves à l'égard de son opinion, mais invoquer, en lui donnant une signification tout opposée, l'argument tiré de l'examen des flores fossiles. En l'état, les conclusions de M. le professeur Hébert demeurent contestées par les déclarations contraires de M. de Lapparent, qui serait disposé à rattacher aux lignites du Soissonnais les calcaires et les sables

[1] *Bull. de la Soc. géol. de France*, séance du 17 juin 1872.

de Rilly, tandis que M. Munier-Chalmas considère, au point de vue paléontologique, ce même calcaire de Rilly comme correspondant à la partie supérieure des sables de Bracheux, que l'on trouve à Jonchéry [1]. Cette dernière opinion est aussi celle que l'un de nous avait adoptée en publiant la flore si riche des travertins de Sézanne. Nous serions entraînés trop loin si nous voulions essayer de résumer et d'apprécier les motifs invoqués de part et d'autre par les divers géologues à l'appui des thèses qu'ils ont soutenues; il nous est impossible cependant de ne pas relever comme inexacte, selon nous, une des assertions de M. le professeur Hébert. Ce savant affirme, en plaçant les calcaires lacustres de Rilly au-dessous des sables de Bracheux, que l'examen comparatif de la flore de ces étages est favorable à la classification adoptée par lui, les plantes fossiles de Bracheux lui paraissant plus récentes que celles des travertins de Sézanne, intercalés dans les calcaires de Rilly [2]. Nous reconnaissons parfaitement toute l'importance qu'un pareil fait présenterait, s'il était sérieusement constaté, pour la solution de la question en litige; mais nous ne pouvons l'accepter comme réel, puisque celui de nous qui a décrit la flore fossile de Sézanne a fait ressortir justement les caractères de cette association végétale, en la considérant comme alliée à celle des grès supérieurs aux lignites du Soissonnais, au moins autant qu'aux plantes, d'ailleurs fort peu nombreuses, recueillies jusqu'ici dans les sables de Bracheux, et se rangeant le plus naturellement du monde à distance égale de ces deux niveaux. Les plantes de l'horizon de Bracheux n'offrent d'ailleurs, ni dans leur physionomie générale, ni par la présence de formes vraiment caractéristiques, rien qui soit de nature à faire admettre l'origine plus récente de l'étage qui les renferme. Leur liaison effective avec la flore de Gelinden et les affinités partielles, mais incontestables, de celle-ci avec la végétation des derniers étages de la craie constituent, au contraire, un argument puissant en faveur de leur ancienneté relative. Il est encore vrai que s'il existe des parentés de forme qui rapprochent la flore de Gelinden des dernières flores crétacées, ce même dépôt de Gelinden possède aussi des espèces qui lui sont communes,

[1] Voy. *Bull. Soc. géol. de France*, séance du 18 décembre 1871, t. XXIX, n° 2.

[2] Voy. *ibid.*, t. XXIX, p. 88.

non-seulement avec Bracheux, mais avec Sézanne et les grès du Soissonnais; d'autre part, en s'attachant à ce genre de preuves sans consulter l'ensemble de tous les indices, on risquerait de s'égarer, car les types et même les formes ont eu parfois une vie fort longue, et lorsque nous ferons ressortir les liens de ce genre, nous verrons quelques-unes des espèces de Gelinden arriver jusque dans le miocène et se retrouver peut-être même dans le pliocène. C'est à l'étude comparative de tous les caractères réunis qu'il convient de s'attacher; l'ensemble des caractères et la physionomie qui en résulte ne sauraient tromper. Ce sera là la méthode que nous suivrons, et cette considération nous engagerait, s'il était permis d'adopter, dans un but de classification stratigraphique, des conclusions tirées de l'étude des plantes fossiles, à placer dans la série les marnes heersiennes au-dessous des sables de Bracheux et les calcaires de Rilly tout à fait à la partie supérieure de ces sables. Nous reconnaissons cependant de bonne grâce que nos assertions à cet égard ne sauraient être définitives avant de se trouver en parfait accord avec les autres branches de recherches. — L'étude des végétaux fossiles heersiens de Belgique [1] présente, dans tous les cas, un intérêt considérable, puisque ces végétaux correspondent évidemment à une période de transition encore peu connue au point de vue biologique, et leur description nous permettra de retrouver une partie au moins des liens qui ont dû rattacher les flores crétacées à celles plus récentes et déjà revêtues d'un caractère différent qui furent propres aux premiers temps tertiaires. Cet intérêt ne ressortira que mieux après une révision rapide des plantes dont les assises crétacées conservent les restes.

[1] Nous renvoyons pour tout ce qui concerne la nature géologique du gisement de Gelinden au *Prodrome* déjà cité de M. Dewalque à qui nous devons la libérale communication de tous les échantillons qu'il a recueillis. Qu'il reçoive ici le témoignage de notre sincère gratitude.

II

RÉVISION DES CARACTÈRES PROPRES A LA VÉGÉTATION CRÉTACÉE.

Quelle que soit la position précise assignée au dépôt de Gelinden, on voit, par les considérations précédentes, que cette position ne saurait être postérieure à celle qu'occupent les sables de Bracheux. Ce dépôt vient donc s'intercaler à un niveau trop peu éloigné de la craie supérieure pour que les formes végétales de cette dernière époque fussent entièrement effacées au moment de sa formation, si toutefois l'opinion qui n'admet entre deux terrains d'autres solutions de continuité que celles dues à l'imperfection de nos connaissances, peut être justifiée par les faits. Ainsi, de même qu'après avoir décrit les espèces de Gelinden, nous rechercherons si ces formes ou leurs homologues se retrouvent dans les étages postérieurs, de même il nous convient de faire précéder nos diagnoses d'une analyse de la végétation de la craie, en nous attachant aux parties récentes de cette période.

Dans cet essai d'appréciation rétrospective, il est nécessaire de tenir compte de plusieurs phénomènes dont l'influence est faite pour amoindrir la liaison présumée entre les deux époques. En première ligne, c'est l'espace de temps correspondant, en réalité, à l'intervalle qui sépare deux assises contiguës en apparence, mais entre lesquelles, malgré ce contact, il est possible de constater l'existence d'une dénudation. La dénudation, qui n'est, pour ainsi dire, qu'un dépôt négatif, représente toujours le coefficient d'une force active dont la durée peut avoir été des plus longues, sans que nous possédions aucun moyen d'évaluer cette durée, sauf par l'étendue des érosions exercées sur l'un des dépôts préexistants, sauf encore à l'aide des changements survenus chez les êtres organisés du dépôt récent, comparés à ceux du dépôt antérieur. Mais les différences organiques, même en n'insistant pas sur le cercle vicieux que l'on établit en invoquant cet ordre de preuves, sont loin de suffire comme mesure vraie du temps écoulé. — La nature vivante ne change pas, en effet, avec une constante régularité; elle

peut demeurer longtemps immobile (et la période jurassique fournit un exemple éclatant de cette immobilité prolongée), puis, dans d'autres circonstances, accomplir, dans un espace de temps relativement court, les plus grands changements. Or, d'une part, la craie est certainement la période qui correspond à la plus vaste des évolutions que le règne végétal ait jamais opérées et, de l'autre, cette évolution a dû être, à certains moments, des plus rapides, en faisant pénétrer partout un élément nouveau, destiné à devenir bientôt prépondérant. — En dehors des dénudations, des lacunes visibles se montrent encore dans l'ordre de succession des divers étages de la craie supérieure dans le centre de l'Europe et le sud de ce continent, comparés au nord et à l'ouest. Il y a eu dans les mers d'alors, dont le caractère est plutôt celui de bassins intérieurs que d'un océan ouvert, des alternatives d'envahissement et de retrait, et la répétition de phénomènes de cette sorte explique très-bien par elle-même la supposition longtemps admise d'une limite infranchissable entre la craie et le tertiaire. Il n'existe sans doute entre les deux époques, dans le nord-ouest de l'Europe, d'autre barrière qu'une coïncidence de faits partiels, accumulés de manière à faire illusion sur leur signification véritable. Mais alors, si le passage entre les deux séries s'est opéré, en Belgique particulièrement, à l'aide d'une suite d'accidents locaux et intermittents, si, de plus, des érosions sont venues s'ajouter aux autres causes de perturbation, tandis que les lits, auxquels les eaux contemporaines de ces érosions donnaient lieu, demeurent insignifiants ou inconnus, nous sommes en droit de reconnaître dans de pareils phénomènes les effets d'un concours particulier de circonstances sans relation directe avec la marche présumée des êtres terrestres contemporains. En définitive, abstraction faite de ce qui voile pour nous le véritable état des choses, rien n'a dû ressembler plus à la fin de la craie que les premiers débuts de l'âge tertiaire. Pour apprécier justement ceux-ci, encore à peu près inconnus, c'est donc à celle-là qu'il faut avoir recours. Il est vrai que la végétation de la craie supérieure, si curieuse à cause du mouvement d'expansion et de renouvellement auquel elle correspond, est loin de nous avoir livré ses secrets. Nous avons d'elle plutôt des notions éparses que des vues complètes. Il nous serait totalement impossible de suivre pas à pas son développement en donnant

des ensembles successifs et passant d'un étage à l'autre, ainsi qu'il nous est possible de le faire pour l'éocène supérieur, le tongrien et les subdivisions du miocène proprement dit. En voulant agir comme nous le faisons pour ces étages, nous nous heurterions à des obstacles d'autant plus insurmontables que la concordance exacte des flores crétacées locales n'a jamais été opérée. En réunissant, au contraire, dans un seul ensemble toutes les espèces crétacées, nous risquerions de confondre des formes qui, en réalité, n'auraient pas été contemporaines. Mais si une méthode qui réunirait arbitrairement toutes les plantes de la craie ou les distribuerait sans raison suffisante en plusieurs séries doit être également rejetée, nous pouvons très-bien, et sans aucun inconvénient, examiner les types et les formes dont l'existence a été la mieux constatée et insister plus particulièrement sur ceux qui sont représentés par eux-mêmes ou leurs équivalents dans la végétation de Gelinden. C'est ce que nous allons faire en commençant par les Fougères.

Elles occupent encore une place considérable dans la végétation crétacée, bien que leur importance ait singulièrement diminué. A Kome, dans le Groënland, les Fougères comprennent plus de la moitié du nombre total, mais cette proportion est loin de se maintenir dans les localités plus méridionales. A Niederschoena, notamment, M. d'Ettingshausen ne signale que quatre Fougères sur plus de quarante espèces décrites. A Moletein, sur dix-huit espèces, M. Heer n'en a découvert qu'une seule, tandis que, à Quedlinburg, dans le Harz, il compte quatre espèces de Fougères, sur un ensemble de vingt espèces; à Blankenburg, aussi dans le Harz, où abondent les *Credneria*, les Fougères, par contre, ne se sont pas laissé voir jusqu'ici. MM. Debey et d'Ettingshausen ont décrit quarante espèces de Fougères de la craie (santonienne?) d'Aix-la-Chapelle; mais le nombre des phanérogames de cette flore n'étant pas encore déterminé d'une manière précise, il est difficile d'indiquer la proportion des Fougères relativement à l'ensemble. Cette proportion paraît être, en tout cas, assez élevée. Il existe plusieurs Fougères dans le quadersandstein de Mscheno, près Schlan en Bohème, ainsi que dans la craie de Gosau, à Saint-Wolgan (Autriche), à côté d'autres plantes phanérogames, et une seule, à notre connaissance (*Pecopteris nebraskana* Heer), dans la flore des *Phyllites crétacées* du Nebraska (États-Unis). Enfin, la

petite flore des lignites de Fuveau, en Provence, placée maintenant avec sûreté dans la craie blanche et dont l'âge ne s'éloigne pas beaucoup de celui de Gosau, renferme au moins trois ou quatre Fougères sur un total de quinze espèces environ, tandis que la florule sénonienne du Beausset (Var) récemment découverte en comprend trois, très-étranges, il est vrai, dans un ensemble qui ne s'élève encore qu'à dix ou douze espèces, avec plusieurs Conifères et une seule Dicotylédone. — On voit qu'il existe à l'égard de cet élément, presque toujours présent, des variations locales dues sans doute à l'influence plus ou moins active d'un climat et d'un sol humides. Il ne faut donc pas s'étonner, en considérant les choses à un point de vue général, de ce que la proportion d'un quart ou d'un cinquième du nombre total soit plus fréquente en Europe, tandis que dans l'extrême nord, au Groënland, où l'humidité était apparemment plus intense et constituait peut-être le seul effet que produisit encore la latitude, le nombre proportionnel des Fougères se trouvait plus considérable.

En ce qui concerne les types de Fougères prédominants à cette époque, il existe une remarquable concordance entre la plupart des localités explorées jusqu'ici, concordance qui démontre que les Polypodiacées étaient encore subordonnées aux autres groupes et représentées par des formes plus ou moins éloignées de celles que nous connaissons, tandis que les Gleichéniées et à côté d'elles les Lygodiées, les Marattiées, les Osmundacées, enfin les Cyathées paraissent avoir le principal rôle. Il est certain que les assimilations proposées entre les Fougères de la craie et les genres actuels de Polypodiacées : *Asplenium*, *Adiantum*, *Pteris*, *Aspidium*, sont en bien petit nombre et ne laissent pas que d'inspirer quelques doutes, tandis que les rapprochements les mieux fondés et les plus fréquents ramènent vers des tribus aujourd'hui non-seulement exclues de l'Europe, mais encore réduites à un état d'infériorité relative par rapport à l'ensemble de la classe. Il n'y a, du reste, à cet égard, aucune différence entre la végétation du Groënland et celle de notre continent, ce qui tendrait à prouver qu'il s'agit bien d'une loi générale.

Le *Sphenopteris Johnstrupi* Heer, les *Asplenium Brongniartii*, *Foersteri* et *caenopteroides* Deb. et Ett. [1] ont été peut-être de vrais *Asplenium*, dont le

[1] *Kreidefl. v. Aachen. — Urw. Acrobr. d. Kreidegebirge*, pp. 13-14, tab. 2.

type semble reparaître à Sézanne, mais les *Adiantum Decaisneanum* et *casseberoides* [1] rappellent aussi bien les *Aneimia* et les *Osmunda* que les *Adiantum* et les *Allosorus*. L'attribution du *Pecopteris Reichiana* Brongn., *Hist. vég. foss.*, p. 302, pl. CXVI, fig. 7 (non Presl in Sternb., *Fl. d. Vorw.*, p. 146. — *Pecopteris linearis* Brown, *Leth. geogn.*, 1838, p. 573, tab. 28, fig. 12; Deb. und Ett., *Urw. Acrobr.*, p. 62, tab. 6, fig. 20 et 6) au genre *Pteris* est basée uniquement sur l'analogie de cette espèce avec le *Pteris Kinghiana* Endl., de l'île de Norfolk ; c'est donc une simple probabilité. Il en est de même des *Pecopteris Reichiana* Sternb. (non Brongn.), *Fl. d. Vorw.*, t. II, p. 135, tab. 37, fig. 2 et *P. striata* Sternb., *l. c.*, tab. 37, fig. 3-4, que M. d'Ettingshausen réunit en une seule espèce et qu'il range parmi les *Aspidium*, tandis que les *Cyathea* comprennent bien des formes absolument pareilles, circonstance qui, en l'absence des fructifications, laisse forcément l'esprit dans l'incertitude. Il est difficile de révoquer en doute l'existence même des Cyathées, bien que l'examen des sores, visibles sur un certain nombre d'espèces d'Aix-la-Chapelle, ne conduise à aucun résultat tout à fait affirmatif, par suite de la difficulté d'analyser la structure de ces organes. Le *Bonaventurea cardinalis* Deb. et Ett. (*l. c.*, tab. 3, fig. 2-19), le *Raphaelia neuropteroides* (*ibid.*, tab. 4, fig. 23-28), le *Pteridoleima Serretii* (*ibid.*, tab. 6, fig. 18-19), espèces d'Aix-la-Chapelle, ont trop de rapport avec les *Cyathea* et les *Hemitelia* pour ne pas être un indice de la présence de ces deux genres, que l'on retrouve plus tard dans l'éocène de Sézanne. L'existence des Cyathées en Europe, dès l'époque de la craie inférieure, nous paraît prouvée par une belle tige fossile, *Caulopteris cyatheoides* Ung. [2], du néocomien d'Ischl (Autriche supérieure), dont l'affinité avec celles des *Cyathea* vivants est fort nettement saisissable.

Les Gleichéniées, on peut le dire, sont caractéristiques de la craie supérieure. Le Groënland septentrional en compte quatre espèces : *Gleichenia Gieskiana, Zippei, Rinkiana, rigida* [3]; Niederschoena, en Saxe, deux espèces : *Didymosorus comptoniifolius* Deb. et Ett. et *Pecopteris lobifo-*

[1] *Kreidefl. v. Aachen.* — *Urw. Acrobr. d. Kreidegebirge*, p. 14, tab. 2, fig. 10 et 12-17.

[2] Unger, *Kreidefl. aus OEsterreich*, p. 8, tab. 1.

[3] Heer, *Fl. foss. arctica*, tab. 45, fig. 1-4 et 6; tab. 44, fig. 1 et 2-3.

lia [1] Corda; Quedlinburg, dans le Harz, trois espèces : *Gleichenia Zippei, acutiloba* et *Kurriana* [2]. En poursuivant cette revue on observe encore, à Neue-Welt et à Mscheno, le *Gleichenia Zippei* (*Pecopteris Zippei* Corda) [3], à Moletein le *Gl. Kurriana* [4] Heer, à Aix-la-Chapelle, enfin, les *Didymosorus comptoniifolius, gleichenoides, varians* et le *Gleichenia protogæa* Deb. et Ett. [5]. — Toutes ces espèces ont un air de famille qui oblige de les ranger dans le même groupe. Le mode de partition des frondes, leur bifurcation constatée chez plusieurs, leurs sores souvent visibles les placent certainement à côté des Gleichéniées, et surtout auprès des *Mertensia*. On ne saurait pourtant affirmer une identité générique absolue entre les formes crétacées et celles de nos jours, puisque les sores de l'une des espèces groënlandaises décrites par M. Heer laissent voir des capsules au nombre de plus de cinq, disposées en une double rangée circulaire autour du point d'attache central, disposition qui s'écarte assez notablement de celle que l'on observe chez les Gleicheniées actuelles pour faire admettre l'existence d'une ou de plusieurs coupes génériques particulières à la craie, hypothèse qui concorde, du reste, très-bien avec l'extension présumée du groupe, dans cette même période.

L'existence des Lygodiées dans la craie supérieure n'est pas moins certaine que celle des Gleichéniées. Elle est attestée par le *Lygodium cretaceum* [6] Deb. et Ett., d'Aix-la-Chapelle. — La petite flore des lignites crétacés de Fuveau nous montre également des vestiges reconnaissables de ce même genre, consistant en folioles éparses, en même temps que des portions de fronde ayant les caractères de celles des *Osmunda*. Les Marattiées paraissent aussi avoir eu des représentants, si le *Danaeites Schlotheimi* Deb. et Ett., d'Aix-la-Chapelle, et le *Danaeites firmus*, de la craie du Groënland, ont réellement fait partie de ce groupe, comme la forme et la disposition des fragments de fronde figurés par les deux auteurs et l'aspect même des sores

[1] Ettingshausen, *Kreidefl. von Niederschoena in Sachsen*, pp. 10-11, tab. 1, fig. 1-2.
[2] Heer, *Beitr. z. Kreidefl. von Quedlinburg*, pp. 4-5, tab. 1, fig. 1-4.
[3] Corda, in Reuss *Verstein.*, p. 95, tab. 49, fig. 23.
[4] Heer, *Fl. v. Moletein in Mähren*, p. 6, tab. 2, fig. 1-4.
[5] Debey et Ettingshausen, *Kreidefl. v. Aachen ; Acrobr.*, tab. 1, fig. 1-5, 7-9, 10-12.
[6] Id., *ibid.*, p. 18, tab. 2, fig. 18-21, et tab. 3, fig. 28.

encore visibles, bien que d'une manière confuse, peuvent le faire présumer. — Il y aurait donc eu, au temps de la craie supérieure, si tous ces indices réunis ne trompent pas, un développement particulier des Gleichéniées, accompagnées de Lygodiées, de Marattiées, d'Osmundacées et associées à des Cyathées et à des Polypodiacées; ces dernières en nombre restreint ou accusant des genres différents des nôtres, sauf quelques rares *Asplenium, Pteris* et *Aspidium?*

Le *Zamites arcticus* [1] Goepp., du Groënland septentrional, dont il existe plusieurs empreintes, démontre que le groupe des Cycadées s'avançait encore jusque dans l'extrême nord. Les folioles de cette espèce, que M. Heer rapproche du *Zamites Lyellianus* (*Pterophyllum Lyellianum* Dunk.), forme wealdienne placée à tort dans les *Pterophyllum* par Dunker, dans sa Monographie du terrain wealdien de l'Allemagne du Nord, sont étroites, contiguës, linéaires, obtuses au sommet et insérées à la partie supérieure du rachis. Les nervures longitudinales sont peu visibles; c'est là sans doute un type spécial, sans analogie directe avec aucun de ceux de nos jours; mais on a récemment rapporté de la même région les empreintes encore inédites de plusieurs autres Cycadées, dont la physionomie rappelle les *Cycas* proprements dits, et dans le centre de l'Europe, à la même époque, les *Dioonites* (*Pterophyllum*) *cretosus* et *saxonicus* [2], du quadersandstein de Niederschoena, paraissent représenter de vrais *Dioon*, dont leurs frondes possèdent les caractères.

Les Conifères, pendant la craie, comprennent à la fois des genres identiques avec ceux de l'ordre actuel et d'autres plus difficiles à définir et probablement éteints.

Les *Araucaria* sont certainement représentés par l'*A. cretacea* Brongn., très-beau cône du grès vert de Nogent-le-Rotrou, probablement aussi par les *Dammarites albens* Presl et *crassipes* Goepp. [3] qui sont, à ce qu'il semble, des cônes d'*Araucaria* usés par le frottement, de manière à faire disparaître la saillie extérieure des prolongements terminaux des apophyses. L'existence

[1] Voy. Goepp., *N. Jahrb. für Min. u. Geol.*, 1866, p. 154, tab. 2, fig. 9-10. — Heer, *Fl. foss. arct.*, p. 82, tab. 5, fig. 14 et tab. 44, fig. 5c.

[2] Goepp., Z. *Fl. d. Quadersandst. in Schles.*, p. 562, tab. 38, fig. 13-14.

[3] Id., *Monogr. d. foss. Conif.* p. 258, tab. 45, fig. 6.

dès le grès vert inférieur du genre *Cedrus* (*Cedrus Leckenbyi* Carr. [1], *C. Corneti* Coem.) [2], du genre *Pinus* divisé comme maintenant en plusieurs sections, *Strobus* et *Cembro* (*Pinus gibbosa* Coem., *P. Heeri* Coem., *P. Andräi* Coem. [3]) et même des *Abies* de la section *Tsuga* (*Abies Omalii* Coem., *A. Briarti* Coem. [4]) a été mis en lumière par les publications récentes de M. Carruthers en Angleterre et celles de Coemans [5] en Belgique. Le *Pinus Crameri* Heer [6], de la craie du Groënland, est aussi rapporté par M. Heer à la section *Tsuga*. Le *Pinus Quenstedti* Heer [7], dont cet auteur a figuré les rameaux et les cônes, ne diffère par aucun côté des espèces mexicaines à feuilles quinées qui forment actuellement la section *Pseudo-strobus*.

Le genre *Sequoia* (*Sequoia Reichenbachi* Geinitz) Heer (*Geinitzia cretacea* Endl.), *S. fastigiata* Heer, *S. aquisgranensis* Deb.) se montre à Moletein, dans le quadersandstein de Bohême, à Aix-la-Chapelle et jusque dans la craie du Groënland; on vient de le retrouver dans le sénonien du Beausset (Var). Point de doute à concevoir, à ce qu'il nous paraît, au sujet de l'identification générique de ces formes avec nos *Sequoia* et ceux de l'Europe tertiaire. — Les caractères réels des *Cunninghamites* (*Cunninghamites elegans* (Corda) Heer [8], *C. oxycedrus* Sternb. [9], *C. Sternbergü* Ett. [10]) sont bien plus obscurs et dénotent peut-être des coupes génériques tout à fait distinctes de celles d'aujourd'hui. On peut en dire autant du *Geinitzia cretacea* Ung. [11] (non Endl.) et encore plus du *Geinitzia formosa* Heer [12], qui se rapportent

[1] Carruthers, *Foss. conif.* in *Geol magaz.*, VI, 1869, p. 2, tab. 1, fig. 1-5.

[2] Coemans, *Fl. foss. d. terr. crét.* du Hainaut, p. 11, pl. 4, fig. 3.

[3] Id., *l. c.*, pl. 4, fig. 4 et pl. 5, fig. 1-5.

[4] *Loc. cit.*, pl. 4, fig. 1-2.

[5] Voy. *Description min. et stratigr. de l'étage inf. du terr. crétacé du Hainaut* (*Système aachenien de Dumont*), par MM. A. Briart et F.-L. Cornet; *suivie de la descript. des végétaux foss. de cet étage*, par M. Eugène Coemans, membre de l'Académie royale de Belgique. Bruxelles, 1867.

[6] Heer, *Fl. foss. arctica*, p. 84, tab. 44, fig. 7-18.

[7] Id., *Fl. von Moletein in Mähren*, p. 13, tab. 2, fig. 5-9 et tab. 3.

[8] Id., *l. c.*, tab. 1, fig. 14.

[9] Sternberg, *Fl. d. Vorw.*, t. II, p. 205, tab. 48, fig. 3, et tab. 49, fig. 1.

[10] Ettingshausen, *Kreidefl. v. Niederschoena in Sachsen*, p. 12, tab. 1, fig. 4-6.

[11] Unger, *Iconog. pl. foss.*, p. 21, tab. 11, fig. 6.

[12] Heer, *Beitr. z. Kreidefl. v. Quedlinburg*, p. 6, tab. 1, fig. 9 et tab. 2.

pourtant à des types alliés de plus ou moins près à celui des *Sequoia*. Le *Pinites patens* Miq. [1], de la craie de Maestricht, s'écarte bien plus, avec ses larges écailles obscurément carénées, planes, minces et repliées au sommet, des Conifères connues. Les rameaux nommés par Duncker *Abietites Goepperti, curvifolius* et *Hartigi* [2] annoncent encore un genre de Conifères d'affinité très-incertaine et d'aspect fort curieux. Il existe, à notre connaissance, des ramules d'une structure analogue dans la craie de Haldem en Westphalie et aussi dans les lignites de Saint-Paulet (Gard).

Il paraît encore plus difficile de préciser la nature des Cupressinées de la craie. Rien de plus douteux que le *Frenelites Reichii* [3] Ett. Le *Widdringtonites gracilis* Heer [4], quoique plus probable, n'est basé que sur l'examen de quelques ramules; des empreintes de même nature ont été recueillies tout récemment dans le sénonien du Beausset (Var). La rareté même des Cupressinées paraît être un des caractères inhérents à la végétation de la craie.

Les Monocotylédones, si l'on néglige les plantes marines de cette classe, se réduisent à quelques rares Palmiers, dont un seul est connu par sa fronde (*Flabellaria chamæropifolia* Goepp.) à des Pandanées représentées soit par des feuilles dentées-épineuses sur les bords (*Pandanus aquigranensis* Deb. *P. austriaca, P. pseudo-inermis, P. trinervis* Ett. [5]), soit par des fruits (*Nipadites provincialis* Sap. [6]), à une Aroïdée aquatique du genre *Pistia* (*P. Mazelii* Sap. et Mar.), trouvée dernièrement dans les lignites crétacés de Fuveau (Bouches-du-Rhône), enfin à des vestiges de feuilles et de tiges de *Rhizocaulon*, genre éteint, allié aux Restiacées et aux Ériocaulées, qui peuplait alors les eaux tranquilles et les tourbières de l'Europe méridionale et dont l'existence s'est prolongée jusque dans le miocène. Des lambeaux indéterminables font penser que la classe elle-même était plus nombreuse que l'énumération précédente pourrait le donner à croire, mais les groupes que nous

[1] Miquel, *Foss. plant. van het crijt in het Hert. Limburg*, p. 41 (9), tab. 2.
[2] Dunker, *Palæontog.*, t. IV, p. 180, tab. 32 et 33, fig. 1-2.
[3] Ettingshausen, *Kreidefl. v. Niederschoena*, p. 12, tab. 1, fig. 10.
[4] Heer, *Fl. foss. arct.*, p. 83, tab. 45, fig. 1e et 3c.
[5] Ettingshausen, *Foss. Pandan.*, pp. 5-7, tab. 1, 2 et 3.
[6] Saporta, *Prodr. d'une flore des travert. anc. de Sézanne*, Introd., p. 305, fig. 2.

venons de signaler sont les seuls jusqu'à ce jour dont il soit resté des traces reconnaissables.

Le rôle, déjà prépondérant sur beaucoup de points, des Dicotylédones est fait pour attirer plus particulièrement notre attention, puisque la craie est le berceau véritable de cette grande classe, et que presque immédiatement après sa naissance elle se développa assez rapidement pour dominer bientôt après sur toutes les autres. Aucune origine n'est plus humble, plus cachée, plus difficile à pénétrer. Il vaut mieux ne pas y insister, car les phyllites du plänersandstein ou quadersandstein inférieur de Bohême, qui sont les plus anciennes Dicotylédones connues, n'ont rien par elles-mêmes qui puisse servir de guide à l'analogie. Leur petit nombre, leur physionomie uniforme, leur contour ovale oblong ou lancéolé-linéaire, leur état médiocre de conservation, empêchent de rien saisir qui les distingue de celles des âges suivants. Bien plus, rien ne nous assure que ce soit là un premier début. Ces Dicotylédones cénomaniennes, bien que l'on n'en connaisse pas de plus reculées vers le passé, s'écartent déjà peut-être de celles qui inaugurèrent tout à fait cette classe de végétaux et qui, sans doute, furent longtemps trop clair-semées et trop faibles pour que l'on espère en rencontrer des vestiges. Laissons donc une question insoluble, à moins de découvertes que nul ne peut prévoir, et cherchons seulement, au moyen des flores locales de la craie supérieure, à déterminer les groupes dont l'existence a pu être constatée, sinon avec une entière certitude, du moins avec un assez haut degré de probabilité.

Les Myricées paraissent avoir eu des représentants dans les plus anciennes flores de Dicotylédones; outre le *Comptonites antiquus* [1] Nils., plusieurs formes d'Aix-la-Chapelle, considérées par M. Debey comme des *Dryandra*, ont dû appartenir au sous-genre *Comptonia* et par conséquent aux Myricées. Le seul *Comptonia* actuel est le *C. asplenifolia*, dont les feuilles sont caduques et membraneuses, quoique fermes; mais cette section a renfermé autrefois de nombreuses espèces dont plusieurs, surtout les plus anciennes, ont pu avoir des feuilles coriaces et persistantes. Il est fort difficile de distinguer ces dernières des *Dryandra* actuels. Cependant, une étude attentive montre

[1] Nilson, *Lethaea suec.*, p. 111, tab. 54, fig. 7.

que la forme du pétiole, le mode de terminaison supérieure et la disposition des lobes, ainsi que celle de la nervation, militent plutôt en faveur de l'attribution au groupe des *Comptonia*. Le doute ne saurait plus exister au sujet du *Comptonia dryandræfolia* Brongn., espèce tongrienne très-répandue, depuis que l'un de nous en a observé un rameau garni de feuilles et de fruits en forme de glomérules, comme ceux du *Comptonia ;* ce remarquable spécimen provient d'Armissan et fait partie de la collection du muséum de Paris.

Les Myricées ont traversé les âges sans éprouver de grands changements; aussi, la comparaison des formes crétacées avec celles qui se montrent dans les étages subséquents peut servir à la détermination des premières. D'après cette considération, nous regardons comme se rapportant aux *Myrica* les empreintes reproduisant le type du *Salix fragiliformis* de Zenker (*Dryandroïdes Zenkeri* Ett., *D. latifolius* Ett., *Banksia prototypos* et *longifolia* Ett [1] (non *Myrica longifolia* Ung.) qui rappellent plusieurs *Myrica* tertiaires, aujourd'hui représentés par le seul *Myrica aethiopica* L. Le *Quercus Beyrichii* [2] Ett., de Niederschoena, et le *Castanea Hausmanni* Dunk. [3], de Quedlinburg, se rapprochent de leur côté d'une très-belle espèce des gypses d'Aix, dont l'affinité avec le *Myrica salicifolia* d'Abyssinie nous paraît visible. M. Heer signale de même deux *Myrica*, *M. Schenkiana* et *M. cretacea* [4], parmi les espèces de Quedlinburg qu'il a publiées, et l'un de nous en a observé deux aussi dans la craie de Haldem.

Les Cupulifères ont pour représentant principal dans la craie le genre *Dryophyllum*, dont les feuilles, entières, sinuées ou dentées sur les bords, retracent par leur forme, ainsi que par les détails de leur nervation, les *Castanopsis* et les *Quercus* des sections asiatiques. Les *Dryophyllum* ont laissé de nombreuses empreintes dans la craie d'Aix-la-Chapelle. Il faut réunir à

[1] Ettingshausen, *Kreidefl. von Niederschoena in Sachsen*, pp. 22-23, tab. 3, fig. 1-3, 10-11; — *Proteac. d. Vorw., Sitzungsb.*, VII, p. 750, tab. 51, fig. 19. — *Ueb. foss. Proteac.*, l. c., IX, p. 532, tab. 2, fig. 2-3.

[2] Id. *Kreidefl. von Niederschoena*, p. 14, tab. 2, fig. 2.

[3] Dunker, *Palæontog.*, IV, p. 181, tab. 34, fig. 1.

[4] Heer, *Beitr. z. Kreidefl. von Quedlinburg*, pp. 10-11, tab. 3, fig. 1 et 2*a*, *b*, *c*.

ce groupe le *Phyllites Geinitzianus* Goepp. [1], de Silésie. Ce genre, loin d'être limité à la craie, se prolonge dans l'éocène, mais en se rapprochant toujours davantage des chênes à feuilles persistantes de l'Inde et de Java. Les *Dryophyllum* doivent être évidemment considérés comme des Quercinées prototypiques. A côté d'eux on doit citer, quoique avec doute, le *Fagus prisca* Ett. de Niederschoena [2] et même des empreintes d'Aix-la-Chapelle, qui semblent reproduire avec fidélité le type des hêtres antarctiques. Ces dernières feuilles sont encore inédites, mais M. Debey a bien voulu nous en communiquer les dessins.

Les *Betula denticulata* Heer et *Beatriciana* Lesq., de la craie du Nebraska, sont de faibles garants de la présence des Bétulacées dans la végétation contemporaine. On peut en dire autant des Salicinées; cependant les *Salix nervillosa* Heer [3], du Nebraska, *Goetziana* [4] Heer et *Hartigi* [5] Dunck., de Quedlinburg, surtout le second, offrent réellement les caractères distinctifs des feuilles de saules des pays chauds, et la présence des *Salix* et des *Populus* dans l'éocène de Sézanne semble résulter des recherches de l'un de nous.

Un assez bon nombre de Morées, d'Artocarpées, principalement de *Ficus*, ont été signalés dans les diverses florules locales de la craie, dans le Nebraska, à Niederschoena, à Moletein, à Aix-la-Chapelle, ainsi que sur l'horizon de la craie de Maestricht. Plusieurs de ces espèces font naître des doutes sur leur authenticité. Cependant, les *Ficus primordialis* [6] Heer, du Nebraska, *Mohliana* Heer et *Krausiana* Heer [7], de Moletein, offrent, en apparence au moins, les caractères propres aux *Ficus*, et nous sommes de plus disposés à reconnaître un *Ficus* reproduisant le type de notre *F. carica* dans le *Cissites insignis* Heer [8], du Nebraska.

[1] Goeppert, *z. Fl. d. Quadersandst. in Schles., in Nov. Act. acad. Leop car. caes nat. cur.*, XIX, p. 11, 1841, p. 361, tab. 37, fig. 5, 7 et 10.

[2] Ettingshausen, *Kreidefl. v. Niederschoena*, p. 15, tab. 2, fig 3.

[3] Heer, *Phyllites crétacées du Nebraska*, p. 15, pl. 1, fig. 3.

[4] Id., *Quedlinburg*, p. 11, tab. 3, fig. 3-4.

[5] Dunker, *Palæontog.*, IV, p. 181, tab. 34, fig. 2.

[6] Heer, *l. c.*, p. 16, pl. 3, fig. 1.

[7] Id., *Kreidefl. v. Moletein*, p. 15, tab. 5, fig. 2-6.

[8] Id., *Phyllites crétacées du Nebraska*, p. 19, pl. 2, fig. 3-4.

L'existence dans l'Europe crétacée de formes plus ou moins similaires de Protéacées, appartenant à ce groupe ou encore ayant tenu sa place et lui correspondant au sein de l'hémisphère boréal, semble ressortir principalement de l'étude des plantes d'Aix-la-Chapelle. Ces plantes sont encore en grande partie inédites, mais nous tenons de l'obligeance de M. le Dr Debey, non-seulement une collection des principaux types, mais une série de dessins exécutés par lui, dont il nous a été permis de prendre des calques.

Il faut, nous le croyons, retrancher un assez grand nombre de ces prétendues Protéacées, comme plus naturellement placées dans d'autres groupes. Il en est ainsi en particulier des *Grevillea palmata* Deb. Ms. et *trilacera* Deb. Ms., dont nous rechercherons plus loin la véritable attribution, et même de la plupart des *Dryandra* dans lesquels nous reconnaissons plutôt des *Comptonia*. Mais, après ces éliminations, il reste une assez longue suite d'espèces que l'on est d'autant plus tenté de réunir aux Protéacées, que la plupart d'entre elles manifestent une affinité, avec les formes vivantes, d'une part, et, de l'autre, avec celles que l'on observe plus tard à l'état fossile dans les flores de l'éocène supérieur, spécialement celles du Trocadéro et des gypses d'Aix. — Ce sont des formes analogues aux *Protea* proprement dits, aux *Leucospermum*, aux *Synaphaea?*, aux *Conospermum*, aux *Grevillea*, aux *Lomatia*, aux *Manglesia*, aux *Telopea*, peut-être aussi aux *Dryandra*, si toutefois les espèces signalées sous ce nom ne sont pas réellement des *Comptonia*, comme nous l'avons avancé.

Les Laurinées sont représentées à Niederschoena par le *Laurus cretacea* Ett. et le *Daphnogene primigenia* [1] Ett., en Amérique par une forme trilobée analogue au Sassafras, *Sassafras cretaceum* [2] Newb.

Il est possible de signaler avec un certain degré de probabilité quatre familles de Gamopétales crétacées : les Apocynées, représentées par le magnifique *Nerium Rollii* Mark., de la craie de Haldem; les Éricacées, dont plusieurs *Andromeda* dénotent la présence dans la végétation du Nebraska; les Diospyrées, à cause du *Diospyros primaeva* [3] Heer, de la même localité; et

[1] Ettingshausen, *Kreidefl. v. Niederschoena*, p. 18, tab. 1, fig. 13; tab. 2, fig. 13 et tab. 3, fig. 15.

[2] Voyez Saporta, *Fl. foss. des travertins anc. de Sézanne*, p. 16, fig. 3.

[3] Heer, *Phyllites crétacées du Nebraska*, pl. 1, fig. 6.

enfin les Myrsinées, dont le *Ficus bumelioïdes* [1] Ett. et le *Ficus Geinitzii* [2] Ett. paraissent offrir tous les caractères.

Les Dialypétales comprennent pourtant les familles dont l'ancienne existence semble la mieux établie.

Ce sont d'abord les Araliacées, dont l'*Aralia formosa* [3] Heer et, après lui, le *Debeya serrata* Miquel constituent les spécimens les plus concluants.

Une forme, non encore figurée, de la craie de Haldem, que l'un de nous a signalée dans le Bulletin de la Société géologique de France sous le nom de *Dryophyllum westphaliense* et qui devra prendre le nom de *Hamamelites westphaliensis*, nous fait croire à la présence d'une Hamamélidée crétacée, analogue à l'*Hamamelis virginica* et aux *Parrotia persica* et *Jacquemontii*. Nous exposerons, en décrivant plus loin un des types les plus curieux de la végétation de Gelinden, les raisons qui nous portent à considérer le *Grevillea palmata* Deb. et l'*Araliophyllum Haldemianum* du même auteur, espèces encore inédites, comme dénotant un genre éteint plus ou moins voisin des Hellébores et par conséquent une Renonculacée prototypique. Non loin du reste de cette famille, celle des Magnoliacées, déjà partagée en deux types, *Magnolia* et *Liriodendron*, se montre certainement, en Amérique aussi bien qu'en Europe. On a même recueilli à Moletein, en Moravie, des fruits reconnaissables, à côté des feuilles des *Magnolia speciosa* et *amplifolia* [4] Heer. Les *Magnolia alternans* et *Capellinii* Heer, de Tekamah, dans le Nebraska, qu'il serait plus naturel de réunir en une seule espèce, ne soulèvent pas plus d'incertitude, et il faut encore reconnaître un *Magnolia* dans le *Phyllites pelagiacus* Ung., de la formation de Gosau. Ces divers *Magniola* se rapportent également au type de notre *M. grandiflora*, avec d'assez faibles variations spécifiques. Le genre reparaît dans la végétation éocène de Sézanne, dans les gypses d'Aix, plus tard dans une foule de localités tertiaires; il n'a quitté l'Europe que vers la fin de la période pliocène. Le *Liriodendron Meekii* Heer, découvert par M. Haydem à Big-Sioux, dans le Nebraska, s'écarte assez peu de l'unique

[1] Ettingshausen, *Kreidefl. v. Niederschoena*, p, 17, tab. 2, fig. 6.
[2] Id., *ibid.*, p. 16, tab. 2, fig. 7, 9-11.
[3] Heer, *Kreidefl. v. Moletein*, p. 18, tab. 8, fig. 5.
[4] Id., *ibid.*, p. 20, tab. 6, fig. 1, tab. 8, fig. 1-2, tab. 9, fig. 1-2, tab. 11, fig. 1.

espèce actuelle par les lobes latéraux moins prononcés et plus arrondis de ses feuilles d'une dimension plus petite.

Nous admettons l'existence, à l'époque de la craie, d'un groupe puissant de Malvoïdées prototypiques, allié de près, à ce qu'il semble, aux Tiliacées. Ce groupe est celui des *Credneria*, chez lesquels l'ordonnance des nervures principales et secondaires, le renflement du pétiole à son point de jonction avec le limbe, le dessin du réseau veineux et le mode de lobature rappellent d'une manière frappante ce que l'on observe actuellement dans plusieurs *Sterculia* et *Pterospermum*, mais encore plus dans une foule de Tiliacées tropicales des genres *Luhea*, *Apeiba*, *Christiania* (*Ch. africana* D. C), *Desplatsia* (*D. subericarpa* Bocq.), *Pityranthe* (*P. verrucosa* Thw.), *Carpodiptera*, *Columbia*, etc. Nous ne pouvons nous empêcher de mentionner comme plus particulièrement analogues aux *Credneria* le *Schoutenia ovata* Korth. (*Actinophora fragrans* Wall.), de Java, et mieux encore une *Tiliacée* sans nom de genre, du Para (Amérique méridionale), dont nous avons observé des feuilles dans les serres du Muséum de Paris. Dans ce dernier cas, la ressemblance est complète et l'on retrouve jusqu'aux nervures infrabasilaires si caractéristiques des *Credneria*.

Il y a des indices sérieux de Célastrinées dans la flore de Niederschoena (*Celastrophyllum lanceolatum* [1] Ett.) et dans celle de Quedlinburg (*Phyllites celastroides* [2] Heer). M. Heer a encore signalé dans cette dernière localité les folioles d'un *Rhus* (*R. cretacea* [3] Heer). Un de nous a figuré aussi, sous le nom d'*Anacardites aluifolius*, une feuille qui, par l'aspect caractéristique et les détails de la nervation, ressemble aux *Juglans* et aux Anacardiacées en général. Ces indices et quelques autres que nous passons sous silence, autorisent à admettre comme probable la présence de ce grand groupe en Europe avant la fin de la craie.

La dernière des familles que nous ayons à mentionner est celle des Myrtacées dont les *Myrtophyllum Geinitzii* et *Schübleri* [4] Heer, de Moletein, une des feuilles de Bohême décrites par Corda, et une empreinte recueillie

[1] Ettingshausen, *Kreidefl. v. Niederschoena*, p. 26, tab. 3, fig. 9 et 14.
[2] Heer, *Kreidefl. v. Quedlinburg*, p. 14, tab. 3, fig. 12.
[3] Id., *ibid.*
[4] Id., *Kreidefl. von Moletein.*

dernièrement dans la craie supérieure d'eau douce de Fuveau attestent réellement la présence. Toutes ces feuilles présentent une nervation analogue à celle des *Eucalyptus*, sans que l'on puisse songer à les englober, à moins de preuves plus convaincantes, dans ce genre aujourd'hui exclusivement australien.

En admettant la légitimité des rapprochements qui précèdent, la flore des derniers temps de la craie, dans la mesure des connaissances actuelles, aurait compris les familles suivantes de Dicotylédones.

Apétales 2	Gamopétales 4.	Dialypétales 8.
—	—	—
Myricées.	Apocynacees.	Araliacées.
Cupulifères.	Éricacées.	Hamamélidées.
Bétulacées ?	Ébenacees.	Helléborées.
Salicinées.	Myrsinées.	Magnoliacées.
Morees.		Tiliacées.
Protéacées.		Célastrinées.
Laurinées.		Anacardiacées.
		Myrtacées.

Dans cet ensemble, où les éléments douteux entrent en ligne au même titre que les autres, la prédominance ainsi qu'une plus grande certitude dans l'attribution appartiennent aux Myricées, aux Quercinées, aux Araliacées, aux Magnoliacées, aux Tiliacées, auxquelles il faut joindre, quoique avec plus de réserve, les Protéacées. Les Myricées et les Magnoliacées sont celles de ces familles qui paraissent avoir éprouvé le moins de changement depuis l'âge reculé où l'on observe leurs premières formes. On serait tenté d'en dire autant, si l'on consulte les apparences, du genre *Nerium* et de quelques autres qui pourraient bien avoir revêtu dès cette époque l'aspect que nous leur connaissons. Nous constaterons que plusieurs de ces groupes propres à la végétation de Gelinden ne sont effectivement que des prolongements de ceux qui se montrent dans la craie supérieure. Il est visible pourtant que la marche inhérente à l'ensemble de ces groupes n'est pas la même pour tous : les Quercinées, par exemple, poursuivent une évolution en voie de s'accomplir et encore éloignée de son terme, tandis que les Myricées, les Hamamélidées?, les Magnoliacées, et probablement aussi le genre

Nerium, comme nous venons de l'avancer, se trouvent déjà fixés dans leurs traits décisifs et ne donneront lieu postérieurement qu'à des variations de forme très-secondaires. Ceux-ci, remarquons-le, à raison même de leur précoce développement, arrêtés de bonne heure dans leurs traits décisifs, se sont aussi montrés moins féconds que les premiers, et ne comprennent généralement de nos jours qu'un nombre d'espèces plus restreint et des formes bien moins variées. Depuis longtemps ils paraissent s'être définitivement immobilisés ou tendre même peu à peu vers leur déclin. Fractionnés, disséminés à travers de grands espaces, ils occupent des points très-distants dans l'un et l'autre continent. Au contraire, les Quercinées, les Morées, les Laurinées, les Tiliacées, les Araliacées, etc., paraissent avoir continué, à la fin de la craie et dans l'âge suivant, à se développer et à se ramifier; leurs formes primitives ne coïncident pas d'une façon absolue avec les coupes génériques actuelles ou du moins elles ne paraissent assimilables qu'aux sections les plus exceptionnelles de chacun de ces groupes; mais aussi, en même temps qu'ils subissaient, par l'effet du temps, des modifications plus profondes et plus multipliées, ces groupes, plus plastiques et plus robustes à la fois, ont pu acquérir et conserver, en se dédoublant, une place d'autant plus considérable dans la végétation du monde moderne, sinon en Europe, du moins au sein des régions chaudes ou tempérées de l'univers entier.

III

DESCRIPTION DES ESPÈCES.

CRYPTOGAMES.

FOUGÈRES. — FILICES.

1. — ANEIMIA (ANEIMIDICTYUM) PALAEOGAEA. (Pl. 1, fig. 1.)

A. pinnis lato-oblongis, basi inæqualiter obtuse attenuatis, apice verosimiliter accuminatis, margine tenuiter cartilagineo cinctis, integriusculis leviterve sinuato-crenulatis; nervulis creberrimis è nervo primario obliquissime emergentibus, pluries furcato-ramosis; venulis in maculas elongatissimo-hexagonoïdeas anastomosantibus.

Très-rare.

Malgré l'existence d'une seule foliole mutilée au sommet, ainsi qu'à l'extrême base, nous n'hésitons pas à reconnaître dans cette curieuse espèce un *Aneimia*, de la section *Aneimidictyum*, de Presl, c'est-à-dire à nervules donnant lieu, par l'anastomose des veines, à un réseau de mailles hexagonales allongées. L'empreinte, considérée à la loupe, présente la consistance fermement membraneuse, les nervules fines, élancées, obliquement dirigées, plusieurs fois bifurquées et reliées entre elles par des veinules obliques, qui caractérisent les *Aneimia*, Fougères de la tribu des Lygodiées, presque entièrement tropicales et qui semblent servir de passage entre ce groupe et celui des Osmundées.

La foliole fossile est ellipsoïde-oblongue, inéquilatérale, atténuée à la base et mutilée au sommet. L'un de ses bords, le seul qui soit intact, paraît entier au premier aspect, mais une forte loupe montre qu'il était cerné par une fine nervule cartilagineuse et sinué, ou même distinctement crénelé vers le haut. La nervure médiane est mince; les secondaires, très-nombreuses, très-obliques, se subdivisent plusieurs fois en réunissant leurs veinules, de manière à produire des mailles hexagonales étroites et longues.

Notre figure rend très-exactement la disposition de ce réseau caractéristique. — Nous trouvons une très-grande ressemblance entre la foliole fossile et celles de l'*Aneimia* (*Aneimidictyum*, Presl) *obliqua* Schr., espèce de Cuba, dont nous possédons un bel exemplaire, provenant de la collection Wright. La différence consiste seulement dans la proportion plus grande et plus large et les crénelures marginales à peine distinctes de l'espèce éocène. Si l'on excepte deux espèces du terrain houiller, d'attribution plus que douteuse, signalées par M. d'Ettingshausen, le genre *Aneimia* se trouve ici pour la première fois observé à l'état fossile. — De nos jours, les *Aneimia* à veinules réticulées sont peu nombreux et confinés exclusivement dans les parties chaudes de l'Amérique, au Brésil et aux Antilles.

2. — **Osmunda eocenica**. (Pl. I, fig. 2.)

O. pinnulis elliptico-oblongis, basi obtusa parum inaequalibus, margine tenuiter cartilagineo argute serratis, penninerviis; nervo medio sursum attenuato oblique et alterne penninervio; nervulis lateralibus a basi plerumque furcatis, ramulis vel tantum ramulo superiori interum furcatis, venulis ultimis in dentes pergentibus.

Très-rare.

Le mode de nervation et les denticules marginales qui caractérisent les *Osmunda* se montrent dans cette foliole isolée, mutilée aux deux extrémités, mais qui, dans l'un ou l'autre sens, se prolongeait peu et se terminait sans doute obtusément au sommet. La marge, cernée par un rebord cartilagineux très-fin, est dentée à dents aiguës, correspondant chacune à une veinule qui vient y aboutir. La nervure médiane, insensiblement atténuée de la base au sommet, n'est pas raide, mais ondule légèrement en donnant naissance, dans un ordre alternatif, à des nervures latérales, la plupart bifurquées dès la base ou peu au-dessus de la base, dont les rameaux sont tantôt simples, tantôt bifurqués de nouveau. Lorsque cette seconde bifurcation n'a pas lieu, le rameau qui reste simple est l'inférieur; mais dans d'autres cas plus rares, les deux rameaux produisent une bifurcation de deuxième ordre. Les détails de cette ordonnance concordent bien avec ce que montrent les folioles des *Osmunda*, particulièrement celles de l'*O. obtusifolia* Wild., qui croît à Maurice et dont notre espèce est évidemment très-voisine.

GYMNOSPERMES.

—

CUPRESSINÉES. — CUPRESSINEAE.

5. — **Chamaecyparis belgica.** (Pl. I, fig. 5.)

C. ramulis compressis, foliis squamaeformibus, quadrifariam imbricatis oppositisque, lateralibus carinato-navicularibus, subfalcatis, breviter acuminatis, facialibus complanatis, adpressis, e basi lata sursum lanceolatis acutis.

Très-rare.

Le petit ramule que nous représentons sous un faible grossissement est le seul indice de la présence des Conifères dans la végétation de Gelinden, où les Dicotylédones angiospermes tiennent, au contraire, une si large place. Ce ramule, dont la conservation est du reste parfaite, ne rappelle à l'esprit de celui qui l'examine ni les *Libocedrus*, ni les *Callitris*, ni même les *Thuia* proprement dits. Comparé au *Thuiopsis dolabrata* S. et Z., du Japon, il témoigne d'une assez grande analogie de structure avec ce type japonais. Cependant les ramules du *Th. dolabrata* sont plus larges et plus aplatis; les feuilles faciales et latérales y sont insérées à la même hauteur; les premières sont plus larges, plus obtuses; elles présentent deux sillons longitudinaux, formant une carène dorsale, dont les feuilles fossiles n'offrent aucune trace. Les rameaux des *Thuiopsis* ont une conformation tout à fait caractéristique; leurs faces sont entièrement dissemblables à l'œil nu; la supérieure est lisse; les feuilles y sont plus ou moins convexes et dépourvues de stomates. Ces mêmes feuilles deviennent légèrement concaves et nuancées d'argent à la face inférieure du rameau, qui porte exclusivement les stomates. Ainsi le rameau dans son ensemble se trouve conformé comme le serait dans un autre genre chaque feuille considérée à part. Il en résulte que, chez les *Thuiopsis*, une des feuilles faciales seulement porte des stomates, tandis que l'autre en est dépourvue et que, pour les feuilles latérales, une moitié seulement des faces dorsales de chacune d'elles se trouve pourvue de stomates, l'autre moitié en étant toujours dépourvue. Cette disposition n'est pas exclusivement propre aux *Thuiopsis;* elle reparaît dans

plusieurs autres genres de Cupressinées, entre autres chez *Chamaecyparis*, mais elle est loin d'y être aussi prononcée et aussi constante.

L'arrangement des feuilles dans les espèces de *Chamaecyparis*, où elles sont courtes et étroitement appliquées sur des rameaux plus ou moins comprimés, offre le plus grand rapport avec ce que laisse voir le ramule de Gelinden qui n'est pas aussi comprimé que ceux des *Thuiopsis* et dont les feuilles latérales se touchent par la base, tandis que les faciales, placées au-dessus des premières, ne montrent aucun vestige de sillon carénal, ni même de glande. Le *Chamaecyparis* le plus voisin de la forme fossile que nous décrivons ici, est le *Ch. pisifera* Sieb. et Zucc., du Japon, dont les ramules ont cependant des dimensions plus faibles et dont les feuilles sont plus acérées et moins planes. Le *Chamaecyparis belgica* présente un aspect qui le rapproche davantage de celui des *Thuiopsis*. De toute façon, ses affinités avec la flore japonaise ressortent pleinement.

Le genre *Chamaecyparis*, commun à l'Asie orientale et aux plages opposées du Pacifique dans l'Amérique du Nord, a été longtemps confondu à l'état fossile sous le nom vague de *Thuites*. L'un de nous en a découvert, dans le dépôt miocène inférieure d'Armissan, des fruits désignés en premier lieu sous le nom de *Thuiopsis* (*Thuiopsis europaea* Sap.). C'est à ce genre que les *Thuites* de la région de l'ambre, décrits par Goeppert, doivent être également rapportés, et M. Heer a signalé récemment la présence des *Chamaecyparis* dans la végétation polaire miocène. Il existe donc une réunion d'indices propres à faire admettre comme prouvée l'existence des *Chamaecyparis* dans l'Europe tertiaire. Le ramule de Gelinden, quelque petit qu'il soit, permet de faire remonter le moment de l'apparition du groupe sur notre continent jusqu'à l'extrême base de l'éocène.

Notre *Chamaecyparis belgica* s'écarte évidemment fort peu, peut-être même ne diffère-t-il en rien du *Thuites* (*Chamaecyparis*) *Ehrenswaerdi* [1] Heer et encore plus du *Thuites* (*Chamaecyparis*) *Breynianus* [2] Goepp. et Ber., de la région de l'ambre. Il ressemble aussi au *Thuiopsis* (*Chamaecyparis*) *euro-*

[1] Heer, *Die mioc. und Faun. Spitzbergens*, p. 56, tab. 2, fig. 25-26.

[2] Goepp. et Ber., *Berstein*, p. 101, pl. 5, fig. 4-5.

paea [1] Sap., d'Armissan, dont les feuilles latérales sont cependant plus étroites et plus longuement conniventes à la base. Nous ne doutons pas que l'espèce de Gelinden n'ait été congénère de ces *Chamaecyparis* miocènes, dont la résine, selon quelques auteurs, aurait fourni la matière de l'ambre jaune, et qui étaient répandus alors sur un très-grand espace, du midi de l'Europe jusque dans le voisinage du pôle, des environs de Narbonne aux plages de la Baltique et de là au Spitzberg.

DICOTYLÉDONES.

QUERCINÉES. — QUERCINEAE.

G. DRYOPHYLLUM Deb. Mus. — Sap., *Fl. foss. des travert. anc. de Sézanne*, p. 59. (*Mém. Soc. géol. de France*, 2e série, t. VIII, p. 347.)
— Schimp., *Traité de pal. vég.*, t. II, p. 613.

Il existe, vers les confins extrêmes du genre *Quercus*, tout un groupe d'espèces asiatiques qui opèrent évidemment une liaison graduée, soit par l'aspect des feuilles, soit par la structure des involucres du fruit, soit enfin par la disposition des appareils mâles, vers les *Castanopsis*, qui ne sont eux-mêmes que des *Castanea* à feuilles persistantes et coriaces, propres aux régions chaudes, tandis que les châtaigniers proprement dits habitent la zone tempérée boréale, dans l'un et l'autre continent, et paraissent avoir été répandus jusqu'auprès du pôle, à une époque antérieure, vers le milieu des temps tertiaires. Les chênes asiatiques dont nous parlons constituent de nos jours les sections *Pasiana* Miq., *Cyclobalanus* Endl., *Chlamydobalanus* Endl. On observe chez eux des pistils rudimentaires dans les fleurs mâles, des chatons mâles fréquemment érigés au lieu d'être grêles et décombants comme ceux de nos chênes, des épis floraux souvent fasciculés et parfois androgynes. Les parties de la fleur sont généralement régulières; les étamines se trouvent en nombre double de celui des lobes du périgone; enfin, la cupule, qui chez la plupart des *Pasiana* est recouverte d'écailles

[1] SAPORTA, *Et. sur la vég. tert.*, II, p. 184; *Ann. sc. nat.*, 2e série, t. IV, p. 40, pl. 1, fig. 5.

imbriquées, est formée, chez les *Cyclobalanus*, de rangées spirales ou concentriques de lamelles; chez les *Chlamydobalanus*, ce même organe se compose de zones verticillées d'écailles connées; il devient clos et entoure complétement le gland, de manière à produire une structure sensiblement rapprochée de celle qui est propre aux *Castanopsis*. Les *Castanopsis*, de leur côté, offrent l'aspect, le port extérieur, et l'inflorescence mâle des *Pasiana*, des *Chlamydobalanus* et en partie au moins des *Cyclobalanus*, tandis que leur fructification les confond presque avec les *Castanea*, dont ils diffèrent pourtant par l'ovaire à trois loges, au lieu de six, et la maturité bisannuelle de leurs fruits. Au total, les caractères communs aux chênes asiatiques des trois sections et aux *Castanopsis* réunis permettent de voir en eux des végétaux adaptés à un climat chaud par leurs feuilles coriaces, persistantes, entières ou dentées-épineuses, doués en même temps d'une organisation moins simplifiée, moins appauvrie, par cela même moins transformée, puisqu'elle a moins subi les effets de l'avortement des parties et que les éléments d'une inflorescence régulièrement hermaphrodite y sont plus reconnaissables que dans nos chênes occidentaux ou *Lepidobalanus*.

L'étude de la nervation apporte un élément de plus qui ne doit pas être négligé dans l'appréciation du groupe que nous considérons. Elle varie très-peu d'une espèce à l'autre, soit dans la disposition des nervures principales et dans la forme des feuilles, qui en est la conséquence, soit dans le dessin du réseau veineux. Les feuilles sont tantôt entières ou subdentées-sinuées, tantôt régulièrement dentées, à dents simples, peu saillantes, pointues, égales, épineuses, ou d'autres fois semblables à de simples sinuosités. Les nervures secondaires sont généralement nombreuses, obliques, parallèles, simples, recourbées le long des bords dans les feuilles entières et reliées entre elles par des veines transverses, multipliées, courant à angle droit, simples ou bifurquées, réunies par des veinules qui s'étendent en sens inverse des premières, se divisent et s'anastomosent en un réseau très-fin. Dans les feuilles entières, qui sont les plus répandues, les nervures secondaires, toujours simples, comme nous venons de le dire, se replient le long de la marge et longent le bord plus ou moins, avant de se réunir à la nervure suivante. Dans les feuilles dentées, les nervures secondaires demeurent simples et parallèles entre elles,

et chacune d'elles aboutit directement à une dent dans laquelle elle se termine, sans qu'il existe aucune dentelure de second ordre ni intermédiaire, sauf dans le cas fort rare où la nervure secondaire se dédouble. Cependant il arrive fréquemment que, avant de se terminer, la nervure secondaire se bifurque de manière à faire pénétrer dans la dent la branche principale de cette bifurcation, tandis que l'autre branche se replie en avant, suit la marge de très-près et donne lieu à un arc sinueux qui va ensuite se réunir à la nervure suivante. Cette disposition existe, non-seulement dans les *Castanopsis*, où elle est très-visible, mais aussi dans le *Quercus dealbata* Hook. et dans plusieurs chênes japonais, surtout dans les espèces, comme les *Quercus acuta* Thb., *argentata* Korth., *glauca* Thb., *salicina* Bl., dont les feuilles sont plutôt sinuées et polymorphes que dentées d'une façon constante et régulière.

Les dispositions caractéristiques sur lesquelles nous venons d'insister se retrouvent dans une foule d'empreintes observées à l'état fossile, dont la forme, l'aspect et le réseau veineux sont trop conformes au type décrit par nous pour que l'on hésite à y reconnaître des Quercinées assimilables à ce même type asiatique. C'est à une série d'espèces de cette catégorie que s'applique notamment la dénomination de *Quercus furcinervis*, employée originairement par Rossmässler pour désigner des chênes du miocène inférieur d'Altsättel, dont les nervures secondaires présentent vers leur sommet la bifurcation caractéristique dont nous avons parlé. Mais ces feuilles d'Altsättel, et d'autres de Suisse, d'Italie ou d'Allemagne, auxquelles divers auteurs ont donné le même nom, répondent évidemment, non pas à une espèce unique, mais à un type qui en comprend plusieurs, et dont l'existence a dû se prolonger fort longtemps en Europe, ainsi que l'atteste l'espèce pliocène d'Oran que nous mentionnons plus loin. Peut-être même, les *Quercus lonchitis* et *drymeja* Ung., si répandus dans le miocène supérieur du sud-est de l'Europe, devront-ils être rejoints à ce même type.

Quoi qu'il en soit de cette dernière assertion, après avoir constaté l'existence, dans l'ancienne Europe, de Quercinées connues par leurs feuilles seulement, mais dont l'affinité avec les sections asiatiques du groupe paraît des plus probables, c'est à suivre ces Quercinées fossiles dans un passé de plus en plus reculé, en remontant jusqu'à la craie, que nous devons nous attacher.

L'absence des fruits et de leur involucre, dont l'étude serait si décisive dans l'examen des chênes tertiaires, nous jette à leur égard dans une si grande perplexité que nous ne pouvons que constater le genre dont ils ont fait partie et le lien plus ou moins étroit qui les rattache à la série des formes indiennes ou japonaises. Affirmer rien au delà serait plus que téméraire, et nous ne savons, en les décrivant, s'ils ont fait partie de l'une des sections entre lesquelles se partagent les espèces modernes, ou s'il a existé jadis en Europe quelque section, aujourd'hui éteinte, et différant de celles de l'Asie actuelle, comme les *Pasiana* diffèrent des *Cyclobalanus* et ceux-ci des *Chlamydobalanus*. Nous ne savons pas davantage si, en nous éloignant du tertiaire moyen pour remonter plus loin dans le passé, ces mêmes chênes fossiles dont nous constatons la présence à divers niveaux successifs sont toujours semblables entre eux ou bien si les devanciers ont différé en quelque chose de ceux qui les ont suivis. Il est naturel en effet de se demander si les ancêtres des formes miocènes qui, dans l'éocène et la craie supérieure, représentent exclusivement le groupe entier des Quercinées, de moins en moins variés et nombreux, à mesure que l'on se rapproche de son berceau, ne constituent pas dans ces temps lointains un groupe de Quercinées prototypiques, souche de celles qui leur ont succédé et plus ou moins distinctes de toutes celles du monde actuel. L'analogie obligeant à relier ces plus anciennes Quercinées, tantôt à des *Quercus* asiatiques, tantôt à des *Castanopsis*, suivant les formes que l'on examine, on se trouve conduit, en tenant compte d'ailleurs de la physionomie commune étendue à toutes, à en former un genre intermédiaire, représentant la tige première de laquelle les divers types de la famille seraient successivement dérivés.

C'est là ce qu'avait pensé M. le docteur Debey en proposant le nom de *Dryophyllum* pour désigner les Quercinées de la craie sénonienne d'Aix-la-Chapelle. Le *D. cretaceum* Deb. [1] et le *D. Geinitzianum* Goepp., de la craie de Silésie, présentent des feuilles, tantôt entières, tantôt dentées, à nervures secondaires repliées le long des bords dans les feuilles entières, fourchues à leur extrémité supérieure dans celles qui sont lobulées ou simplement

[1] Voy. cette espèce représentée pl. V, fig. 4, 5 et 6.

sinuées. Ces nervures manifestent une tendance à se rejoindre; elles sont reliées entre elles par des veines transverses qui donnent lieu à un réseau veineux pareil à celui des feuilles que nous allons décrire; elles ont dû être congénères et leur caractère commun les range à côté des *Castanopsis* et des chênes asiatiques des sections mentionnées plus haut. D'un autre côté, à Sézanne ainsi que dans les grès du Soissonnais, des feuilles analogues (*Dryophyllum subcretaceum* Sap., *Dr. palaeo-castanea* Sap., *Dr.* (*Castanea*) *Saportae* Wat.) se rattachent évidemment au même type et continuent le même enchaînement de formes, révélant un groupe en voie de développement, et dans lequel les espèces moins anciennes sont celles qui accusent le plus nettement les caractères propres aux chênes proprement dits. Il s'opérerait ainsi une transition constituée par une succession non interrompue de formes, jusqu'au moment où, dans un âge tertiaire moins reculé, on rencontre les *Quercus* du type *furcinervis* qui, sans nul doute, ont dû être de véritables chênes, identiques ou analogues à ceux des sections *Pasiana*, *Cyclobalanus* ou *Chlamydobalanus*.

Telles sont les raisons, tirées de la probabilité des choses, qui nous font préférer le terme générique de *Dryophyllum* à tout autre pour désigner les plus anciennes Quercinées, en employant ce terme dans le même sens que M. Debey et l'un de nous l'ont fait, sous toutes réserves, jusqu'à ce que les espèces inscrites sous cette dénomination nous aient enfin livré le secret de leur nature véritable.

4. — **Dryophyllum Dewalquei.** (Pl. II, fig. 1-6; pl. III, fig. 1-4, et pl. IV, fig. 1-4.)

D. foliis subcoriaceis, glabris, petiolatis, e basi integra, plus minusve obtuse acuteve cuneatu vel attenuata, sursum lanceolato-oblongis, longe sensim plerumque apiculatis, margine argute serratis, serraturis aequalibus, nervis subtus prominentibus; nervo primario valido, paulatim imminuente, nervis secundariis plurimis sub angulo 45 gr. oriundis, simplicissimis vel extremo apice furcatis, inter se parallelis, in dentes recto tramite pergentibus; nervulis transversim decurrentibus, multiplicibus, venulis inter se sensu contrario emissis in rete tenuissimum anastomosatis. — Très-répandu.

Cette belle espèce est une des plus fréquentes dans la végétation de Gelinden. On peut croire qu'elle formait un véritable bois non loin du point où se

sont formés les lits qui contiennent les empreintes. La collection dont nous devons la communication à M. Dewalque en comprenait au moins soixante spécimens plus ou moins entiers, sans compter les petits fragments. C'est à ce savant que nous dédions une forme dont le rôle a été certainement considérable le long des plages de la mer heersienne que ses travaux ont fait connaître à la science. Les massifs auxquels le *Dryophyllum Dewalquei* a dû donner lieu rappelaient par leur physionomie les forêts de chênes à feuilles persistantes qui couvrent la base des derniers contre-forts de l'Himalaya, une partie du Japon et la région supérieure des îles de la Sonde. Cet aspect n'avait rien de précisément tropical, mais il ressemblait à celui des contrées tempérées et montagneuses, situées sur la lisière de la zone intertropicale.

On distingue très-bien l'une et l'autre face dans les empreintes laissées par les feuilles de cette espèce. La face supérieure est lisse, presque sans trace de nervures; le pétiole est rarement intact. Il est cependant visible sur plusieurs échantillons et mesurait une longueur d'au moins 2 centimètres (fig. 5-6, pl. III et fig. 1, pl. IV). La base du limbe était atténuée en un coin plus ou moins aigu, d'autres fois assez obtus, tronqué obliquement et un peu inégalement, entier sur les bords. Au-dessus de cette base, le limbe s'allonge en dessinant un contour lancéolé ou largement lancéolé-linéaire, qui s'atténue insensiblement au sommet pour donner lieu à une pointe plus ou moins acuminée, ainsi que le montrent les figures 1 et 2, pl. III. Les bords, à partir de la base entière jusqu'à l'extrême sommet, sont garnis de dents égales, pointues, toutes semblables, plus ou moins prononcées, quelquefois pareilles à des lobules (fig. 1, pl. III), généralement acérées et auxquelles vient aboutir directement chaque nervure secondaire.

Les nervures, si peu visibles à la face supérieure des feuilles, où leurs linéaments dessinent de faibles sillons, sont, au contraire, saillantes sur la face inférieure, où le réseau veineux lui-même est presque toujours visible jusque dans les moindres détails. La nervure ou côte médiane, large et saillante dans le bas, s'atténue ensuite graduellement et devient très-mince dans le haut. Elle donne lieu à un grand nombre de nervures secondaires (environ 20 paires), le plus souvent alternes ou subopposées, plus rarement oppo-

sées, qui sont toujours très-simples ou produisent au point même où chacune d'elles s'engage dans une dent un ramule très-faible, qui longe le bord de très-près et va ensuite s'anastomoser avec la nervure secondaire suivante. Mais ce dernier détail, visible seulement à la loupe, n'est jamais prononcé, comme dans d'autres espèces du même groupe; et chaque nervure secondaire, émise sous un angle de 45 degrés, quelquefois sous une direction encore plus oblique, et toujours parallèlement aux autres, se rend directement au bord pour aller aboutir au sommet aigu de l'une des dentelures.

La figure *4a*, planche III, reproduit très-exactement les détails grossis de la nervation. Elle se compose de veines simples ou bifurquées, transversales, mais plus ou moins flexueuses, reliées entre elles par un lacis de veinules ramifiées qui courent en sens inverse et donnent naissance à des anastomoses dont les derniers linéaments composent des mailles trapéziformes d'une grande finesse. Cette nervation est absolument conforme à celle des chênes asiatiques et japonais, particulièrement du *Q. dealbata* Hook., du Népaul, auquel l'espèce de Gelinden ressemble évidemment beaucoup par tous les caractères visibles de ses feuilles, base tronquée en coin, forme des dents, dispositions des nervures, et même par le mode de terminaison supérieure, moins acuminée cependant dans les feuilles du *Q. dealbata*, qui ne comptent d'ailleurs qu'une douzaine de nervures secondaires de chaque côté de la médiane. Le *Quercus dealbata* est un *Pasiana*. Parmi les chênes du Népaul, il faut encore citer le *Q. annulata* Sm., et parmi les japonais, le *Q. salicina* Bl., qui est un *Cyclobalanus*, comme notablement similaires. Ce sont là pourtant de bien moindres ressemblances et la première nous paraît de beaucoup la plus frappante.

Parmi les espèces fossiles, le *Dryophyllum Dewalquei* doit être d'abord comparé au *D. cretaceum* [1] Deb., d'Aix-la-Chapelle, auquel il ressemble par la forme générale et la terminaison longuement atténuée au sommet de ses feuilles. Cependant, la forme des dents, souvent absentes ou irrégulièrement disposées, de l'espèce crétacée, le dessin de la nervation, la disposition des nervures secondaires fréquemment repliées le long des bords, reliées par des ana-

[1] Voy. pl. V, fig. 4, 5 et 6.

stomoses ou plus visiblement bifurquées, témoignent d'une notable différence entre les deux espèces, différence justifiée par la distance verticale qui les sépare.

Le *D. Dewalquei* ne saurait non plus être confondu avec aucune des feuilles de Sézanne à qui l'un de nous a appliqué la même dénomination générique. Le *D. palaeo-castanea* Sap. s'éloigne notamment de celui que nous décrivons par le contour de sa base non atténuée en coin sur le pétiole. Mais nous remarquons une affinité sensible entre le *D. Dewalquei* et l'espèce des grès du Soissonnais décrite et figurée par M. Watelet, dans sa *Description des plantes fossiles du bassin de Paris*, sous le nom de *Castanea Saportae* [1]. Cette forme se rapporte en réalité à un *Dryophyllum* très-voisin de celui de Gelinden par la forme des dents, le nombre des nervures secondaires, le prolongement du sommet et l'atténuation de la base. Cependant les feuilles du Soissonnais, dont nous figurons un spécimen, sont moins obtuses inférieurement que celles de Gelinden et dénotent probablement une espèce distincte du *D. Dewalquei*, bien que très-affine et certainement congénère. — Une autre forme, encore plus analogue par tous ses caractères visibles et que nous ne pouvons nous empêcher de considérer comme alliée de près à celle de Gelinden, a été recueillie dans une marne blanche à tripoli, probablement pliocène, des environs d'Oran (Algérie). Malgré la distance énorme qui sépare les deux âges et l'espace géographique qui s'étend entre les deux localités, la ressemblance des empreintes respectives est trop intime pour ne pas dénoter un rapprochement, au moins générique, entre des formes qui se rapportent l'une au début, l'autre à la fin des temps tertiaires. Pour faire apprécier le degré de cette analogie, nous figurons, sous le nom de *Quercus mauritanica* [2], l'empreinte algérienne, malheureusement mutilée au sommet, mais intacte à la base, à côté des exemplaires de Gelinden, si nombreux et si beaux de conservation.

[1] Voy. cette espèce représentée pl. V, fig. 3.

[2] Voy. pl. IV, fig. 5.

5. — **Dryophyllum laxinerve**. (Pl. I, fig. 6-7.)

D. foliis linearibus vel lanceolato-linearibus, elongatis, basi apiceque sensim acuminatis, argute dentatis; nervis secundariis sparsis, tenuibus, oblique emissis, curvatulis, plerumque secus marginem furcatis, in dentes abeuntibus, inter se reticulo venarum transversim decurrentium religatis.

Rare.

Le limbe étroit, allongé, presque linéaire, atténué dans les deux directions, longuement acuminé au sommet; les nervures plus espacées, émises sous un angle moins ouvert, plus recourbées, presque ascendantes le long des bords, distinctement bifurquées près de leurs terminaisons, chacune d'elles aboutissant à une dent marginale aiguë, mais disposées à de plus grands intervalles que dans l'espèce précédente, tels sont les caractères du *Dryophyllum laxinerve*. Il n'en existe que de petits fragments, dont le principal (fig. 7) a été recueilli à Marlinne, à quelques kilomètres de Gelinden, par M. le professeur Hébert, de qui nous le tenons. Cette espèce, autant que l'on peut en juger sur de tels indices, se rapprochait plus que ses congénères du *Dryophyllum cretaceum* Deb., d'Aix-la-Chapelle, dont elle se distingue pourtant par des dents plus acérées. Elle est aussi très-voisine du *Dryophyllum lineare* Sap., de Sézanne. Parmi les formes actuelles, c'est au *Quercus salicifolia*, du Japon, que nous serions tentés de l'assimiler, ainsi qu'aux feuilles les plus étroites de notre châtaignier d'Europe.

L'un des deux exemplaires figurés (fig. 6) est bien plus étroit que l'autre. Tous les deux cependant, si l'on a égard aux variations de même nature que présente l'espèce précédente, nous paraissent devoir être spécifiquement réunis.

6. — **Dryophyllum curticellense** (Pl. I, fig. 5.)

D. foliis subcoriaceis, petiolatis, linearibus, utrinque sensim apiceque longissime attenuatis, margine cartilagineo-dentatis; nervo primario subtus valido, secundariis multiplicibus, obliquis, parallelis, simplicibus, secus marginem curvatulis, in dentes pergentibus, tertiariis transversim decurrentibus.

Myrica	curticellensis	Wat., *Pl. foss. du bass. de Paris*, p. 127, pl. 34, fig. 1-3.
—	angustissima	Wat., *l. c.*, p. 125, pl. 33, fig. 12.
—	verbinensis	Wat., *l. c.*, p. 126, pl. 33, fig. 14 et 15.
—	attenuata	Wat., *l. c.*, *ibid.*, fig. 8-9.
—	Roginei	Wat., *l. c.*, p. 127, pl. 33, fig. 10-11.

(Non Dryophyllum lineare Sap., *Prodr. d'une flore foss. des travertins anc. de Sézanne*, p. 62, pl. 4, fig 6.)

Rare.

L'un de nous, dans son ouvrage sur la flore fossile de Sézanne, a fait connaître sous le nom de *Dryophyllum lineare*, une espèce à feuilles étroites et allongées, très-voisine du *D. subcretaceum* de la même localité, en la considérant comme identique au *Myrica curticellensis* de M. Watelet et aux autres formes provenant également du niveau des sables de Bracheux, formes qui n'en sont évidemment que des synonymes. Nous sommes disposés maintenant à revenir sur cette opinion et à regarder le *Dryophyllum lineare* de Sézanne comme distinct à plusieurs égards de celui que nous allons décrire, tandis que celui-ci présente tous les caractères propres au *Myrica curticellensis* de M. Watelet. Celui-ci appartient à un niveau sensiblement rapproché de celui de Gelinden, tandis que l'étage de Rilly, dont les travertins de Sézanne font partie, est plus moderne, ainsi que nous l'avons avancé au début de ce mémoire, en donnant les motifs de notre opinion.

Les empreintes de Vervins (*Myrica verbinensis* Wat. — *M. angustissima* Wat. — *M. attenuata* Wat. — *M. Roginei* Wat.), de Belleu et de Courcelles (*M. curticellensis* Wat.), figurées par M. Watelet, ne ressemblent en rien à des Myricées, tandis que leur nervation, leur mode de dentelure, leur terminaison acuminée les rattachent à l'espèce qui précède et aux *Dryophyllum* en général. C'est dans ce genre que nous rangeons le beau spécimen de Gelinden, accompagné de plusieurs fragments plus ou moins considérables, et dont la parfaite conformité avec les exemplaires de Bracheux, principale-

ment avec les figures 1 à 3, planche 34, de l'ouvrage de M. Watelet [1] est de nature à faire évanouir tous les doutes. La présence du *Dryophyllum curticellense* fournit une des meilleures preuves de la liaison des deux flores de Gelinden et de Bracheux. Sa physionomie, sa forme étroitement linéaire, si caractéristique, ses nervures nombreuses, les dentelures peu saillantes, mais bien nettes des bords, qui paraissent cernés par une marge cartilagineuse, enfin la consistance ferme du tissu foliacé lui composent des caractères faciles à saisir, et la présence de la contre-empreinte démontre que la face supérieure était unie, tandis que les nervures secondaires ressortaient en saillie sur l'autre face. Les détails du réseau veineux sont cependant fort peu visibles sur la principale empreinte; un autre fragment nous le montre formé de veines transversalement décurrentes, simples ou bifurquées, moins pressées que dans l'espèce précédente et reliées entre elles par des veinules angulo-sinueuses qui courent généralement en sens contraire.

Cette espèce s'écarte notablement de toutes les Quercinées du monde actuel qu'il nous a été donné d'observer. Tout au plus serait-elle comparable aux formes les plus étroites et les plus allongées de notre châtaignier d'Europe.

7. — **Dryophyllum vittatum.** (Pl. I, fig. 4.)

D. foliis coriaceis, lato-linearibus, margine subundulato integerrimis, penninerviis; nervo primario stricto, secundariis sparsis, rectis, sub angulo aperto emissis, secus marginem curvato-anastomosantibus; venis tenuibus, transversim decurrentibus, simplicibus furcatisve, venulis flexuosis inter se religatis.

Très-rare.

Nous ne connaissons de cette espèce que le spécimen figuré par nous, malheureusement mutilé aux deux extrémités. La partie conservée correspond au milieu du limbe, dont le contour est largement linéaire-oblong, un peu rétréci à la base et vers le sommet, avec les bords entiers, faiblement ondulés; en sorte que l'on peut conjecturer pour l'ensemble une forme allongée, insensiblement atténuée en pointe. L'empreinte est celle de la face inférieure; on y distingue une côte médiane assez mince, mais bien saillante, accompa-

[1] Voy. l'espèce de M. Watelet représentée pl. V, fig. 1 et 2.

gnée de nervures secondaires éparses, émises sous un angle très-ouvert, d'abord droites et parallèles entre elles, puis repliées le long des bords, bifurquées et s'anastomosant à l'aide d'arceaux très-obtus. Les nervures tertiaires sont fines, transversales, simples ou bifurquées, reliées entre elles par des veines capricieuses, difficiles à apercevoir. Le tissu foliacé paraît avoir été ferme, sinon tout à fait coriace. — Cette espèce ressemble visiblement beaucoup au *Quercus spicata* Sm., de la section *Pasiana*, arbre de très-grande taille, très-répandu dans les bois montagneux de l'Inde, du Népaul au Silhet et au Bengale oriental; on le retrouve encore à Java et à Bornéo. Les nervures secondaires de l'espèce vivante sont seulement plus régulièrement recourbées-ascendantes et plus espacées.

SALICINÉES. — SALICINEAE.

8. — **Salix longinqua.** (Pl. IV, fig. 6.)

S. foliis rigidis coriaceisque, lanceolato-linearibus, elongatis, margine glandulo-serrulatis, serraturis remotiusculis, apice incrassato productiore leviter incurvatis; nervis secundariis sparsis, obliquis, secus marginem adscendentibus, ramoso-anastomosatis, venulis transversim decurrentibus cum abbreviatis aliis, e costa media progressis, inter se in rete flexuosum solutis.

Très-rare.

Le genre *Salix* a été signalé à plusieurs reprises dans la craie. Le *S. fragiliformis* Zenker, de Niederschoena, est le représentant le plus anciennement connu des saules crétacés; mais cette espèce ayant été depuis transportée dans les Protéacées par M. d'Ettingshausen et des formes analogues se montrant aussi chez les Myricées tertiaires, son attribution demeure controversée, jusqu'au moment où des figures moins vagues que celles qui ont été publiées [1], permettront de se prononcer à son égard. Après ce retranchement, il reste, en fait de saules crétacés, les *S. Hartigi* Dunk. [2], de Blankenburg,

[1] Voy. *Die Kreidefl. v. Niederschoena in Sachsen*, v. prof. Const. v. Ettingshausen, p. 23, tab. 3, fig. 1,3, 11.

[2] *Palæontog.*, t. IV, p. 181, tab. 34, fig. 2.

Goetziana [1] Heer, de Quedlinburg, et *nervillosa* [2] Heer, ce dernier de la flore du Nebraska. Ces trois espèces ont dû avoir des feuilles à bords entiers; mais les détails du réseau veineux du *Salix Goetziana*, tels que les représente M. Heer, concordent avec celui que laisse voir l'empreinte de Gelinden, dont la conservation est fort belle, et qui correspond à la face supérieure d'une feuille malheureusement brisée aux deux extrémités. L'attribution, que nous proposons, de cette feuille curieuse au genre *Salix* est basée sur une étroite conformité de tous ses caractères visibles avec ceux qui distinguent les Saules *pleiandres* (*Salices pleiandræ* Anders., *Monog.*, p. 1; — in D. C. *Prodr.*, t. XVI, p. 192), section où l'on observe des étamines au nombre de trois à douze dans chaque fleur mâle, ainsi que des feuilles allongées, glabres, luisantes, souvent fermes ou coriaces, dentées-glanduleuses sur les bords, et qui comprend la plupart des espèces tropicales ou subtropicales du groupe, dans les deux continents, et avec eux les *Salix triandra* L., *pentandra* L., ainsi que la série des *fragilis*. Ce sont pour la plupart des essences robustes, de haute taille ou tout à fait arborescentes, répandues dans une aire géographique très-vaste et dont plusieurs habitent les parties chaudes de l'Amérique, de l'Afrique intérieure ou des Indes. On ne saurait être surpris de rencontrer des représentants de cette section dans un âge aussi reculé que l'éocène ancien. Il ne s'agit pas d'ailleurs d'un fait isolé, puisque l'un de nous a signalé plusieurs saules, reproduisant le type de notre *S. fragilis*, dans la flore un peu plus récente de Sézanne [3].

La feuille de Gelinden est oblongue, lancéolée-linéaire, de consistance évidemment ferme, dentée, à dents cartilagineuses, allongées et un peu recourbées à leur sommet épaissi et probablement glanduleux (voy. fig. 6[d]). Ces dents sont nombreuses, égales, séparées pourtant les unes des autres par un certain espace. Les nervures secondaires, disposées le long d'une médiane assez mince, parce que l'empreinte correspond à la face supérieure de l'organe, sont éparses, obliques, un peu flexueuses, recourbées-ascendantes le long des bords, ramifiées et reliées entre elles par des veines

[1] *Beitr. z. Kreidefl. v. Quedlinburg*, p. 11, tab. 3, fig. 3-4.

[2] Heer, *Phyllites crétacées du Nebraska*, p. 15, pl. 1, fig. 3.

[3] Saporta, *Prodr. d'une flore foss. des travertins anc. de Sézanne*, p. 60, pl. VII.

transverses qui courent de l'une à l'autre; ces veines se réunissent à d'autres, sorties directement de la médiane, pour former un réseau dont notre figure reproduit fidèlement l'aspect. Comme dans tous les saules, les nervures secondaires ou leurs ramifications immédiates ne pénètrent pas dans les dentelures, mais elles se rendent plutôt à l'angle des sinus et s'y anastomosent à l'aide de nombreux replis. Tout cet ensemble de nervation reproduit d'une façon très-exacte ce qui existe dans les saules en question.

Une des espèces vivantes les plus analogues à celle de Gelinden nous paraît être le *Salix triandra L.* (*S. amygdalina L.*), qui est répandu dans toute la zone tempérée de l'ancien continent, d'Espagne jusqu'en Suède et du Caucase à la Sibérie et à la région du fleuve Amur. Ce même type se trouve représenté en Amérique par le *Salix nigra* Marsh., qui diffère très-peu du précédent, selon le témoignage d'Anderson, et ressemble également beaucoup à la forme fossile, sauf que les nervures secondaires de ses feuilles sont plus repliées-ascendantes que celles du *S. longinqua*. Le *Salix Safsaf* (*S. octandra* Sieb., *exsicc.*) qui borde le fleuve et la lisière des champs en Égypte, en Nubie et en Abyssinie, offre une ressemblance plus étroite encore avec l'espèce de Gelinden. La disposition des nervures de divers ordres, leur direction, la forme même des dentelures sont tout à fait semblables des deux parts. La feuille fossile est seulement un peu plus étroite que celles du spécimen africain que nous avons sous les yeux, et ses dentelures sont un peu plus espacées et plus saillantes. L'affinité n'en est pas moins frappante et des plus naturelles, puisqu'il s'agit d'un saule tropical, répandu d'un bout à l'autre du continent africain. L'extension très-grande des saules de cette catégorie est un indice de plus de l'antiquité probable du type auquel ils appartiennent.

LAURINÉES. — LAURINEAE.

9. — **Daphnogene sezannensis** Sap, *Flore foss. des travertins anc. de Sézanne*, p. 81, pl. 8, fig. 8.
(Pl. VI, fig. 5-6.)

D. foliis petiolatis, plus minusve coriaceis, e basi obtuse attenuata sursum lanceolatis, in apicem sensim elongatum attenuatis, margine subundulato integerrimis, triplinerviis; nervis lateralibus alternis, plus minusve suprabasilaribus, margini parallelis, extus breviter ramosis, postea ascendentibus, cum secundariis caeteris alterne emissis anastomosantibus, venulis plurimis transversim decurrentibus.

Cinnamomum sezannense Wat., *Pl. foss. du bassin de Paris*, p. 175, pl. 50, fig. 2.
— dubium Wat., *l. c.*, p. 176, pl. 50, fig. 4.
Daphnogene pedunculata Wat., *l. c.*, p. 178, pl. 50, fig. 6-10.

Rare.

La dénomination générique de *Daphnogene* s'applique à des Laurinées triplinerves dont l'attribution ne peut être déterminée avec une précision suffisante, les mêmes formes reparaissant dans des genres fort éloignés, comme les *Cinnamomum* et les *Litsæa*. Les deux empreintes que nous figurons, représentent les deux faces d'une feuille mutilée malheureusement au sommet; elle est ovale-oblongue, atténuée inférieurement, entière sur les bords visiblement cernés dans le bas d'une marge nerviforme, et distinctement triplinerve. Les nervures latérales inférieures prennent naissance au-dessus de la base; elles marchent ensuite parallèlement au bord en n'émettant vers l'extérieur que de faibles rameaux repliés en arc, et elles vont se joindre à des nervures secondaires obliques et alternes, vers le point où l'empreinte se termine par une mutilation correspondant au bord même de la pierre. Les côtés du limbe sont un peu inégaux et la marge ondulée légèrement. Des veines transverses peu visibles courent dans l'intervalle qui sépare les nervures principales. Il nous paraît difficile de décider la vraie nature de cette feuille, qui ne diffère par aucun caractère saisissable du *Daphnogene sezannensis*, et à laquelle nous réunissons également le *Daphnogene pedunculata* Wat. et le *Cinnamomum dubium* du même auteur, ces deux derniers provenant des grès supérieurs aux lignites du Soissonnais. Parmi les espèces fossiles, on peut rapprocher cette espèce des formes

larges du *Cinnamomum lanceolatum* Ung. Parmi les vivantes, elle ressemble particulièrement au *Cinnamomum Culilawan* Nees, indigène des parties chaudes de l'Asie méridionale et existant notamment à Amboine. Cette ressemblance est assez étroite pour faire présumer que l'empreinte de Gelinden se rapporte à un véritable *Cinnamomum*.

10. — **Daphnogene longinqua.** (Pl. IV, fig. 7.)

D. foliis subcoriaceis, basi leviter sinuata margineque nerviformi cuneato-attenuatis, breviter triplinerviis; nervis lateralibus inferis multo suprabasilaribus, margini parallelis, mox cum secundariis obliquis anastomosatis; nervulis inter principales transversim undique decurrentibus, venulis infrabasilaribus etiam e costa media oriundis ad marginem progressis.

Très-rare.

L'empreinte est unique et mutilée dans sa moitié supérieure. On reconnaît en elle une feuille de consistance coriace, ellipsoïde, atténuée vers la base qui se prolonge en coin, au-dessous des nervures basilaires. Celles-ci se recourbent dans une direction parallèle à la marge et se réunissent bientôt aux autres secondaires, dont on distingue plusieurs paires successives et qui devaient être nombreuses. Des nervules transverses courent dans l'intervalle qui sépare les principales et servent à les relier entre elles. Les basilaires émettent extérieurement de courts rameaux repliés en arc le long du bord. D'autres veines sorties directement de la côte médiane, au-dessous des basilaires, et horizontalement dirigées, courent à la marge, distinctement cernée d'une nervure, comme on le voit dans la plupart des Laurinées triplinerves. Il est difficile d'adopter une opinion raisonnée sur l'attribution générique de cette feuille, qui ressemble évidemment beaucoup au *Cryptocarya Mülleri* Meisn. (*Tetranthera ferruginea* R. Br.), plante de la Cochinchine et de la Nouvelle-Hollande tropicale, où elle croît le long des côtes.

11. — Laurus Omalii. (Pl VI, fig. 1.)

L. foliis firme membranaceis, lanceolato-oblongis, sursum sensim attenuatis, margine subundulato integerrimis, penninerviis; nervo primario paulatim imminuente, secundariis sparsis, curvatis, secus marginem arcu obtusissimo areolato-anastomosantibus, tertiariis transversis, simplicibus furcatisque, inter se et cum venis e costa media progressis varie reticulato-ramosis.

Très-rare.

Après un examen attentif et malgré la ressemblance apparente de cette feuille avec plusieurs chênes lauriformes, spécialement avec le *Q. cuneifolia* Roxb., nous croyons reconnaître en elle une espèce très-voisine de nos *Laurus* proprement dits. Le bord légèrement festonné, cerné par une nervure marginale très-mince, la disposition et le mode d'anastomoses des principales nervures, leur irrégularité, leur manière de se replier et de se rejoindre, les séries de mailles décroissantes qui longent le bord, le prolongement supérieur du limbe constituent autant de caractères partiels dont la réunion est faite pour confirmer l'attribution que nous proposons et que nous regardons comme très-légitime.

Le tissu foliacé était ferme; le contour extérieur, lancéolé-oblong; la base et le sommet de la feuille font défaut, mais on voit que sa largeur diminuait insensiblement à partir du milieu et s'atténuait aussi vers le bas. Le bord est faiblement, mais distinctement ondulé; la nervure médiane a à peu près la consistance de celle des feuilles de notre laurier; elle diminue d'épaisseur en approchant de sa terminaison supérieure et donne naissance de chaque côté à des nervures secondaires obliquement émises, disposées sans ordre, repliées vers les bords, tantôt simples, tantôt ramifiées et se rejoignant à l'aide d'anastomoses variées qui produisent des arceaux et des séries d'aréoles décroissantes.

Cette disposition est conforme, dans les moindres détails, ainsi que tout ce qui concerne le réseau veineux, à ce que montrent les parties correspondantes du *Laurus canariensis* Webb, dont nous figurons une feuille [1], choisie

[1] Voy. pl. VI, fig. 2.

parmi les plus ressemblantes, à côté de celle de Gelinden. Cette comparaison permet de saisir la différence spécifique assez faible qui distingue l'espèce ancienne de celle des Canaries, qui n'est elle-même qu'une forme du *L. nobilis*. Cette différence consiste dans un contour plus oblong, moins ellipsoïde, insensiblement atténué au sommet et non pas rétréci en pointe. Ce sont là de faibles divergences, si l'on songe à l'éloignement qui sépare les deux espèces et aux traits de similitude qui permettent de reculer jusque dans l'éocène le plus inférieur l'origine de notre laurier européen.

Le *Laurus Omalii* ressemble prodigieusement au *Laurus Forbesi* Heer, espèce de l'éocène supérieur d'Alum-Bay, dans l'île de Wight, qui se retrouve dans les grès synchroniques de la Sarthe et des environs d'Angers. Les feuilles de cette espèce, qui n'est, sans doute, qu'une descendance très-peu modifiée de celle que nous décrivons, sont cependant un peu plus larges proportionnellement et moins atténuées au sommet.

Nous dédions ce remarquable *Laurus* au vénérable doyen des géologues européens, M. d'Omalius d'Halloy, dont les travaux et les aimables qualités sont également appréciés de tous les hommes de science.

12. — Laurus (Persea) heersiensis. (Pl. VI, fig. 3.)

P. foliis subcoriaceis ovato-oblongis, sursum longe attenuatis, integerrimis, penninerviis; nervo primario paulatim imminuente, secundariis plurimis, sparsis, obliquis, curvato-ascendentibus, secus marginem inter se anastomosantibus, tandem in areolas solutis; nervulis transversim decurrentibus ramoso-reticulatis.

Rare.

Ce n'est pas aux *Laurus* proprement dits, mais au type des *Persea* et plus particulièrement à celui du *P. indica* Spr. que nous rapportons cette feuille. Elle montre un rapport frappant, par tous les détails visibles de sa nervation et du mode de réticulation des veinules, avec l'espèce canarienne, et nous ne pouvons nous empêcher d'établir, malgré l'éloignement des temps, un rapprochement intime entre les deux formes. — Le contour général est ovale-oblong, atténué au sommet, dont la terminaison manque, ainsi que la base.

Les bords sont parfaitement entiers; les nervures secondaires sont nombreuses, éparses, recourbées et même ascendantes vers les bords, le long desquels elles donnent lieu, en se repliant l'une vers l'autre, à une série d'aréoles décroissantes. Les nervures tertiaires sont transverses, flexueuses, reliées par des veinules ramifiées en réseau, et des nervures abrégées, directement sorties de la médiane, s'étendent souvent entre les principales et vont s'anastomoser avec les tertiaires.

Cette curieuse espèce doit être comparée aux formes étroites et atténuées supérieurement du *Persea indica*, dont ses feuilles se distinguent à peine par une sommité plus prolongée en une pointe graduellement amincie. — Parmi les espèces fossiles, elle doit être assimilée au *Laurus* (*Persea*) *typica* [1] Sap., d'Armissan, ainsi qu'au *Laurus superba* [2] Sap., de Manosque. La forme heersienne semble tenir le milieu entre ces deux *Persea* miocènes, dont elle est pourtant spécifiquement distincte.

13 — Laurus (Persea) latior (Pl. VI, fig. 4.)

P. foliis lato-ovatis, integerrimis, penninerviis; nervis secundariis alterne emissis, spatiatis, secus marginem curvatis, venis transversis mediantibus anastomosatis; nervis tertiariis furcato-ramosis, rete pulcherrimum, areolis trapeziformibus constans, tandem efficientibus.

Très-rare.

Nous croyons reconnaître encore une Laurinée penninerve, analogue aux *Persea*, dans un lambeau de feuille mutilé naturellement aux deux extrémités, dont le limbe laisse entrevoir, dans la partie conservée, un contour général largement ovale. Les nervures secondaires sont disposées dans un ordre alterne le long d'une médiane relativement mince, recourbées en arc et anastomosées à l'aide de veines transverses, le long du bord parfaitement entier. Les nervures tertiaires qui courent dans l'intervalle des secondaires, et dont plusieurs naissent directement de la médiane, donnent lieu en se ramifiant à

[1] Voy. Saporta, *Ét. sur la vég. tert.*, t. II, p. 271 ; *Ann. sc. nat.*, 5e sér., t. IV, p. 127, pl. VII, fig. 8.

[2] Id., *l. c.*, pl. VII, fig. 4 et t. III, p. 76; *Ann. sc. nat.*, 5e sér., t. VIII, pl. XV, fig. 4-5.

un réseau flexueux dont les dernières divisions se composent de mailles trapéziformes. Ces divers détails et le réseau lui-même rapprochent cette espèce des *Persea gratissima* et *carolinensis*, auprès desquels notre *Laurus latior* vient naturellement se ranger.

ARALIACÉES. — ARALIACEAE.

14. — Aralia demersa. (Pl. VII, fig. 1.)

A. foliis verosimiliter digitatis, foliolis breviter petiolulatis, elliptico-oblongis, margine subundulato integerrimis, penninerviis; nervo primario gracili, secundariis sub angulo fere recto emissis, plurimis, secus marginem curvato-anastomosatis; venis obliquissime decurrentibus, angulatim ramosis, in rete areolis transversim elongatis demum solutis.

Très-rare.

La feuille ou plutôt la foliole est munie d'un court pétiole, elliptique-oblongue, obtusément atténuée, subarrondie à la base, entière sur les bords qui sont légèrement repliés en dessous. La nervure médiane est à la fois mince et saillante; les nervures secondaires sont nombreuses, déliées, émises sous un angle presque droit, d'abord parallèles, puis ramifiées, recourbées et anastomosées le long des bords. Les nervures tertiaires se composent de veinules très-obliquement dirigées, transversales par rapport à l'ensemble de la feuille, ramifiées-anguleuses, repliées sur elles-mêmes et donnant lieu à un réseau délié, dont les mailles trapézoïdes sont généralement allongées dans la même direction que les nervures principales. Le sommet de l'empreinte se trouve mutilé.

Cette foliole ressemble surtout à celles des *Sciadophyllum*. Par l'ordonnance de sa nervation elle se rapproche de plusieurs autres types d'Araliacées tropicales et spécialement de l'*A. integra* Hort., et d'une Araliacée à feuilles digitées, de la Nouvelle-Calédonie, qui existe dans l'herbier du Muséum de Paris.

15. — Aralia venulosa. (Pl. VII, fig. 3, et pl. VIII, fig. 2.)

A. foliis verosimiliter digitatis, foliolis breviter petiolulatis, oblongo-lanceolatis, integerrimis, basi apiceque obtuse attenuatis, penninerviis; nervis secundariis sparsis, reticulato-ramosis; tertiariis in rete venulis obliquis tenuiter areolatum solutis.

Rare.

L'empreinte (pl. VIII, fig. 2), accompagnée d'un fragment (pl. VII, fig. 3), sur laquelle nous établissons cette espèce, représente une feuille ou plutôt une foliole coriace, glabre, courtement pétiolulée, lancéolée-oblongue, obtusément atténuée dans les deux directions, et montrant des nervures secondaires éparses, émises sous un angle ouvert, d'abord droites, puis ramifiées, repliées en arc et anastomosées avant la marge. Dans l'intérieur des mailles principales, formées par la réunion des nervures secondaires, s'étendent des veines obliquement sinueuses, ramifiées en un réseau très-fin. On retrouve des formes et une nervation analogues dans beaucoup d'Araliacées actuelles à feuilles digitées, surtout dans le genre *Cephalopanax*. — Nous citerons de plus, comme particulièrement similaires, le *Didymopanax lucumoïdes* Dne et Pl., du Brésil, et l'*Aralia Ghiessbreghti* Hort., du Mexique.

16. — Aralia argutidens. (Pl. VII, fig. 4.)

A. foliis coriaceis palmato-tri- vel quinquenerviis, trilobatisque, lobis lateralibus inaequaliter productis, uno integriusculo, altero argute serrato; nervo primario medio sursum oblique penninervio, lateralibus externe ramosis, ramulis simplicibus in dentes pergentibus.

Très-rare.

Nous considérons comme devant être attribuée au groupe des Araliacées une empreinte très-incomplète, dont nous figurons la partie conservée, et qui dénote une feuille de consistance coriace, palmatinerve, à trois nervures principales donnant lieu à trois lobes, dont l'un des deux latéraux se termine visiblement en pointe et présente sur l'un des côtés des dentelures acérées, tandis que le lobe correspondant paraît avoir été entier et surtout moins

développé. Le lobe médian est entièrement mutilé. Des trois nervures principales, la médiane, plus forte que les latérales, donne lieu vers le haut à deux paires successives de nervures secondaires, obliquement dirigées, dont une cassure empêche de suivre le prolongement. Les latérales émettent, le long de leur côté extérieur, des branches bien plus courtes sur un des côtés, où le bord paraît entier, que sur l'autre, où elles vont aboutir à des dents acérées. Les nervures de troisième ordre courent transversalement dans l'intervalle des secondaires; elle se biburquent et s'anastomosent à l'aide de veinules flexueuses, qui donnent lieu à un réseau dont l'analogie avec celui des Araliacées est évidente. C'est dans le genre *Oreopanax* que l'on observe surtout des formes vivantes plus ou moins analogues à celle que nous venons de décrire. Nous citerons l'*Oreopanax sclerophyllus* Dne, de la Nouvelle-Grenade, comme remarquable par sa ressemblance, malgré la disproportion de ses feuilles, quatre ou cinq fois plus grandes que celle de Gelinden. L'*Oreopanax vitifolius* Dne et Pl., de la même région, présente aussi beaucoup d'analogie, et il se rapproche davantage de l'*Aralia* éocène par la dimension, le mode de dentelure et la nervation de ses feuilles.

AMPÉLIDÉES — AMPELIDEAE.

17. — **Cissites lacerus** (Pl. V, fig. 7.)

C. foliis digitatis pedatisve, foliolis elliptico-oblongis, basi inaequaliter attenuato-sinuatis, margine serratis, penninerviis; nervis secundariis subopppositis, obliquis, parallelis, secus marginem ramoso-anastomosatis; venis multiplicibus, plerumque furcatis, transversim decurrentibus.

Très-rare.

Nous croyons reconnaître dans cette empreinte, mutilée sur les bords et au sommet, et qui répond à la face supérieure, une foliole de *Cissus* à feuilles digitées ou pédalo-digitées, comme le sont celles d'un grand nombre d'espèces des Indes et des archipels attenants. La consistance a dû être ferme, sinon coriace; la base, seule partie intacte, est sessile, inégalement atténuée et sinuée sur l'un des côtés, tandis que, sur l'autre, le limbe est obliquement tronqué en coin. Le bord est distinctement denté, à dents égales, plus nom-

breuses que les nervures secondaires, dont l'extrémité supérieure, au lieu d'aboutir directement aux dentelures, se ramifie près du bord et s'anastomose, à l'aide d'une ramification, avec la nervure suivante. Les nervures secondaires sont émises sous un angle de 45 degrés, peut être moins exactement opposées que ne le marque notre dessin, parallèles entre elles, simples presque jusque vers leur sommet, et reliées entre elles par des veinules transverses, la plupart bifurquées; l'ensemble donne lieu à un réseau très-fin, dont notre figure reproduit tous les détails visibles.

HELLÉBORÉES. — RANUNCULACEAE-HELLEBOREAE.

G. Dewalquea Sap. et Mar.

Folia coriacea, petiolata, petiolo basin versus leniter dilatato, pedatim palmatisecta digitataque, segmentis vel foliolis 5-5-7 tum integris, tum margine dentatis, penninerviis; nervis secundariis plus minusve obliquis, ante marginem areolatis.

Araliophyllum Deb., ms.
Grevillea (*ex parte*) Deb. (*in litt.*).

M. le docteur Debey, dans un travail demeuré inédit, a proposé le nom d'*Araliophyllum* pour désigner une feuille pédalo-digitée, de la craie sénonienne de Haldem, qui lui paraissait dénoter une Araliacée. L'*Araliophyllum haldemianum* Deb., que nous figurons ici [1], d'après un dessin communiqué par l'auteur, est visiblement congénère de l'une des plantes caractéristiques de Gelinden que distingue aussi la structure pédalo-digitée de la feuille. On doit encore, selon nous, réunir à ces espèces, pour en former un même groupe, le *Grevillea palmata* Deb. (*in litt.*), de la craie d'Aix-la-Chapelle, dont nous tenons plusieurs spécimens de l'obligeance de M. Debey. Cette forme curieuse a été considérée à tort comme une Protéacée. Elle reproduit très-exactement le type des précédentes; seulement les segments, au lieu d'être entiers, sont dentés sur les bords, disposition qui n'a rien, du reste, que de conforme à l'affinité présumée du genre avec la tribu des Renonculacées-Helléborées. Ce genre aurait été particulier à la craie supérieure aussi

[1] Voy. pl. VII, fig. 1 et 2.

bien qu'à l'éocène le plus inférieur; nous le désignerons sous le nom de *Dewalquea* en l'honneur du savant qui a le plus contribué à nous le faire connaître et dont les travaux ont eu pour objet les étages mêmes que sa présence caractérise.

Comment définir le genre *Dewalquea* et à quelle catégorie de végétaux le rapporter? Nous avons été longtemps livrés à cet égard à de grandes indécisions; elles ne se sont même dissipées qu'en partie, lorsque nous avons eu remarqué en lui assez d'analogie avec les Helléborées, pour être amenés à le considérer comme le prototype frutescent de cette tribu de Renonculacées. Notre première idée, conforme à l'opinion de M. Debey, avait été de reconnaître des Araliacées dans les trois espèces qui, à nos yeux, composent le genre. Mais M. le professeur Decaisne, à l'expérience de qui nous avons eu recours et qui connaît à fond les Araliacées, nous ayant affirmé qu'il n'avait jamais rencontré de feuilles pédalo-digitées dans cette famille, il est résulté pour nous, de l'examen comparatif auquel nous nous sommes livrés, une vraie probabilité en faveur de la liaison des *Dewalquea* avec les Helléborées actuelles. Voici les motifs déterminants de cette manière de voir.

Le mode de partition pédalo-digité, propre aux *Dewalquea,* se rencontre très-rarement dans l'ensemble du règne végétal. Les exemples les plus fréquemment cités par les botanistes sont fournis par les Aroïdées, dans les Monocotylédones, et par les Helléborées, chez les Dicotylédones. On observe encore des feuilles pédalées dans les Ampélidées et dans quelques autres groupes de plantes, où elles se montrent, comme une conséquence de l'ordonnance des principales nervures, dans les espèces dont les feuilles sont profondément incisées et finalement composées, comme celles de l'*Ampelopsis quinquefolia*; mais, dans ce cas, l'inégalité des folioles, leur mode de lobature, leur contour et le dessin du réseau veineux diffèrent beaucoup trop de ce que laissent voir les empreintes fossiles, pour que l'on songe à un rapprochement des premières avec celles-ci.

Le genre *Arisaema,* dans les Aroïdées, comme nous l'a fait remarquer M. Decaisne, présente des formes de feuilles dont l'analogie générale est très-sensible avec les empreintes des *Dewalquea* de Gelinden. Leur consistance est herbacée; mais les *Anthurium*, dont quelques espèces ont des feuilles

digitées et même pédalées (*Anth. pedatum* Endl., Kunth, Enum., t. III, p. 79. — *Anth. digitatum* Kunth. — *Anth. pentaphyllum* Endl., Kunth, *l. c.*, t. III, p. 81) possèdent souvent une consistance des plus coriaces. Il nous a cependant paru impossible de reconnaître la structure monocotylédone dans les empreintes de Gelinden : la nervure antémarginale, caractéristique des Aroïdées, n'y existe certainement pas. Le pétiole, intégralement conservé dans les trois espèces, fournit des indications concordantes : il est relativement court, cylindrique, faiblement et insensiblement dilaté vers la base, tronqué carrément et sans doute un peu dilaté-amplexicaule, comme chez les Renonculacées, les Araliacées, les Pipéracées, les Aristolochiées, mais nullement engaînant comme dans les Aroïdées et la presque universalité des Monocotylédones. Il existe malgré tout une certaine ressemblance entre les Aroïdées-Dracunculinées et les *Dewalquea*; nous y reviendrons plus loin.

L'assimilation des feuilles fossiles que nous signalons, avec celles des Helléborées repose sur des indices plus plausibles. La structure propre aux Dicotylédones est visible chez elles, non-seulement par l'examen de la nervation, mais encore par celui du réseau épidermique, dont les mailles ont laissé des traces appréciables sur les empreintes de Gelinden. Ce sont, autant que l'on peut en juger (pl. IX, fig. 3ª), des cellules arrondies-polygonales, à parois commissurales probablement sinueuses; elles sont du moins semblables par l'aspect à celles qui forment le tissu épidermique de la plupart des Hellébores et recouvrent d'un réseau continu, à compartiments épais et légèrement saillants, la face des feuilles, dans les espèces à segments coriaces, comme les *Helleborus foetidus* L., *lividus* Ait., *niger* L. Dans ces mêmes espèces les ramifications des nervures deviennent peu visibles et peu compliquées, en dehors des principales.

La nervation des espèces fossiles est du reste exactement conforme à celle des Hellébores, ainsi que le montrent nos figures (pl. VIII, fig. 1 à 7; pl. IX, fig. 1 à 7), dessinées avec le plus grand soin, lorsqu'on les compare aux espèces vivantes. Cette nervation, formée d'aréoles obliques et anguleuses, qui donnent lieu vers l'extérieur à des veinules ramifiées et anastomosées de nouveau, toujours dans une direction oblique, nous paraît fort caractéristique; elle ressemble peu à la nervation des Araliacées, encore moins à celle

des Ampélidées; elle rappelle davantage celle des Célastrinées, des Ilicinées et mieux encore celle des Berbéridées, famille alliée effectivement de près à celle des Renonculacées et comprenant des espèces à feuilles digitées ou profondément palmatiséquées, dans ses deux séries extrêmes, les Lardizabalées (*Akebia* Dne) et les Podophyllées.

Le trait de ressemblance le plus frappant entre nos *Dewalquea* et les Hellébores actuels consiste dans le mode de partition des feuilles. Jointe aux caractères que nous venons d'exposer, cette structure devient un indice probable de parenté entre le groupe ancien et celui du monde actuel. — Les feuilles des Hellébores sont pédalo-digitées, *pedatim dissecta*. Cette ordonnance passe parfois à la disposition palmée ou digitée, lorsque le pétiole se dilate et tend à remplacer le limbe qui s'atténue et se simplifie; mais elle n'en est pas moins fondamentale, puisque dans l'*Helleborus lividus*, espèce à feuilles trifoliées, les deux segments latéraux offrent, sur leur côté extérieur, un développement des nervures inférieures qui rend la base très-inégale et correspond aux lobes absents. Les segments, ordinairement dentés, de cette espèce, originaire de la Corse, sont parfaitement entiers dans la variété β. *integrilobus* D. C., qui reproduit alors l'aspect de l'espèce fossile de Gelinden, aussi bien par le contour extérieur des folioles que par leur mode de nervation et leur consistance semi-coriace. Les pétioles normaux, amplexicaules, mais non engainants, des Hellébores ressemblent également à ceux des feuilles de Gelinden, dont nous reproduisons plusieurs exemples. Cette partie est cependant plus courte et devait être plus ferme dans le type fossile; mais il est probable que ce type, bien que touchant de près à celui des Hellébores, ne lui est cependant pas tout à fait identique et se rapporte plutôt à un genre frutescent, qui aurait été la tige première du genre actuel, peut-être même du groupe entier des Renonculacées.

Les Renonculacées constituent, dans la nature contemporaine, un groupe généralement herbacé, si l'on excepte les Clématites, qui sont des lianes, et une seule Pivoine de Chine (*P. Moutan* Sims.), dont la tige est frutescente. Les *Helleborus foetidus* et *lividus* possèdent pourtant des rameaux aériens et dressés, chargés de feuilles, qui sortent d'une souche rampante et persistent plus ou moins longtemps hors de terre. Si l'on considère, ainsi qu'il est

naturel de le faire, les types herbacés vivaces à rhizomes hypogés ou horizontaux comme le produit de modifications amenées par le temps, les circonstances, l'influence d'un climat graduellement abaissé et la concurrence des végétaux plus robustes vis-à-vis de ceux qui croissent à leurs pieds, on ne concevra aucune difficulté à admettre qu'à une époque rapprochée de leur origine les principales familles de Dicotylédones herbacées aient été représentées par des types frutescents dont les uns se seraient maintenus, comme l'ont fait les Hamamélidées vis-à-vis des Saxifrages, tandis que d'autres auraient entièrement disparu, ne laissant après eux que les végétaux herbacés ou sous-frutescents auxquels ils auraient donné naissance. Dans cette hypothèse, les *Dewalquea* seraient des Helléborées prototypiques dont nos hellébores actuels nous représenteraient un prolongement amoindri, réduit à d'humbles proportions, à peu près comme nos *Isoetes* et nos *Equisetum* comparés aux Lépidodendrées et aux Calamites de l'ancien monde.

La présence de Renonculacées frutescentes et prototypiques à la fin de la craie et dans l'éocène le plus inférieur n'a rien qui ne soit parfaitement en harmonie avec ce que nous savons du développement inhérent au règne végétal et à la classe des Dicotylédones en particulier. Les organismes les moins complexes, les plus voisins, par conséquent, du point de départ, en même temps les plus synthétiques par leurs affinités multiples et par leur liaison même avec la classe contiguë des Monocotylédones, sont certainement les familles de Dicotylédones *polycarpiennes* (*polycarpicae*), c'est-à-dire à carpelles groupés librement, demeurant distincts ou partiellement soudés dans le fruit et rappelant plus que les autres, *par leur agencement sur l'axe floral, la disposition qu'affectent les feuilles sur les tiges* [1]. Ne soyons donc pas surpris d'en rencontrer des vestiges, les uns certains, d'autres seulement probables, mais à l'état d'indices répétés, avant la fin de la craie. La fréquence des Magnoliacées à cette époque n'a pas une autre signification; les Helléborées que nous leur adjoignons, ainsi que les Ménispermées de la flore de Gelinden, témoignent de la vraisemblance de cette marche présumée. Les Nymphéacées remontent sans doute aussi très-haut dans le passé. Les

[1] *Histoire des plantes*, par H. Baillon, t. I, *Introduction*, XI, Paris, Hachette et Cie, 1867-69.

Lauracées, les Protéacées, les Hamamélidées, bien que très-distinctes des précédentes, rentrent par les particularités structurales de leur ovaire dans des catégories analogues. Il est même impossible de ne pas faire ressortir cette circonstance que la disposition ternaire des parties ne se rencontre nulle part aussi souvent que dans ces mêmes familles. Elle se montre dans les Renonculacées (*Eranthis, Anemone* (ex parte), *Actaea*), dans les Magnoliacées (*Magnolia, Schizandra*) et Anonacées, dans plusieurs Ménispermacées et Berbéridées (*Cocculus, Berberis, Podophyllum*), dans les Nymphéacées (*Cabomba*), dans un grand nombre de Lauracées. Enfin, une affinité obscure et difficile à expliquer, réelle pourtant, rattache quelques-unes de ces familles aux Monocotylédones. La relation des Renonculacées avec les Alismacées a été depuis longtemps signalée, de même que celle des Nymphéacées, par l'intermédiaire des Cabombées, avec les Hydrocharidées. Il est curieux d'observer à la fois la disposition pédalo-digitée dans les Aroïdées et les Helléborées. Ce sont là des coïncidences qui ne sont pas peut-être totalement fortuites et qui, mieux étudiées, permettront de découvrir un jour quelques traces de la filiation des premières Dicotylédones. Dans l'état actuel des connaissances, l'hiatus entre les deux classes d'Angiospermes est aussi prononcé que la lacune située entre la craie et le tertiaire. Pour l'un comme pour l'autre de ces intervalles, on doit s'attendre à voir s'atténuer graduellement la distance qui sépare les termes limitrophes. Dans le domaine biologique comme dans celui de la stratigraphie, les phénomènes d'enchaînement ne sont pas moins multipliés ni moins importants que ceux qui marquent les divergences et les séparations; mais si les derniers aident puissamment à l'analyse et au classement, les premiers, invoqués à leur tour, reprennent la prépondérance qui leur est due, dès qu'il s'agit de reconstruire le passé et d'acquérir à son égard des notions synthétiques.

Les *Dewalquea*, tels que nous venons de les définir, comprennent jusqu'ici trois espèces : deux crétacées et une troisième de Gelinden qui va être décrite. — Nous figurons ici les premières, comme terme de comparaison avec la dernière, et aussi pour permettre de saisir le caractère du nouveau genre.

Le *Dewalquea haldemiana* (*Araliophyllum haldemianum* Deb. *Ms.*), de

la craie à *Belemnites mucronatus* de Haldem en Westphalie (pl. VIII, fig. 1 et 2), présente de cinq à sept folioles entières, longuement lancéolées-linéaires, roulées sur les bords comme celles de l'espèce de Gelinden, dont elle reproduisent l'aspect, mais plus allongées, plus étroites, non pas obtuses, mais atténuées supérieurement en une terminaison acuminée.

L'espèce de la craie à *Belemnitella quadrata* d'Aix-la-Chapelle, *Dewalquea aquisgranensis* Sap. et Mar. (*Grevillea palmata* Deb., *Ms.*) (pl. VIII, fig. 5-7), dont nous figurons trois spécimens, montre des feuilles pédalopartites, divisées en cinq segments, dont les deux extérieurs sont assez souvent plus ou moins confluents à la base avec les intermédiaires, le médian, qui manque parfois, et les intermédiaires étant seuls munis d'un court pétiole. Ces segments ne sont pas entiers, comme dans les deux autres espèces, mais dentés sur les bords, à dents aiguës et espacées. Le limbe, étroit et coriace, se trouve parcouru par des nervures très-obliques qui se replient et s'anastomosent le long de la marge. Le sommet se termine en une pointe insensiblement acuminée. Cette espèce, par tous les détails visibles de forme et de nervation, rappelle l'*Helleborus foetidus* L., dont nous figurons une feuille, à côté des empreintes crétacées.

18. — **Dewalquea gelindenensis.** (Pl. VIII, fig. 3-4, et pl. IX, fig. 1-7.)

D. foliis coriaceis, petiolo mediocri, valido, cylindrico, ad basin paulisper dilatato truncatoque praeditis, pedato-digitatis, 5-partitis; segmentis vel foliolis petiolulatis, elongato-lanceolatis, deorsum attenuatis, apice obtusatis, integerrimis; costa media valida, nervis secundariis sparsis, obliquis, secus marginem angulatim areolatis, fere semper immersis; processu epidermatis e cellulis facie convexiusculis, polyedris, parietibus crassis, lateribus commissuralibus sinuosis constante, nervulos plerosque in utraque pagina tegente.

Très-répandu.

C'est avec le *Dryophyllum Dewalquea* l'espèce dominante de la flore de Gelinden. La collection qui nous a été communiquée en renferme un très-grand nombre d'échantillons, qui consistent souvent en folioles éparses, mais souvent aussi ces folioles, de consistance évidemment coriace, adhèrent encore au pétiole commun et présentent la structure caractéristique d'une

feuille pédalo-digitée. Nos figures, qui reproduisent les empreintes les plus complètes, permettent d'en reconstituer toutes les parties.

Le pétiole commun était relativement court. Celui de la feuille fig. 3, pl. IX, est complet; il est épais, toruleux, long de 3 centimètres; il se dilate insensiblement vers la base qui est tronquée carrément. La feuille supportée par ce pétiole est une des plus grandes, parmi les exemplaires de Gelinden. D'autres pétioles (fig. 7, pl. IX, et 4, pl. VIII), appartenant à de plus petites feuilles, sont aussi beaucoup plus courts et ne mesurent que 1 ou 1 1/2 centimètre. Celui que représente la figure 4, pl. VIII, est légèrement dilaté et tronqué nettement à la base, caractère qui semble en rapport avec le groupe auquel nous rapportons les *Dewalquea*. Au sommet du pétiole commun ainsi conformé s'étalent en un étroit éventail cinq folioles, dont la médiane se trouve insérée sur le prolongement de l'axe par un court pétiolule, tandis que latéralement se placent deux autres pétiolules plus forts et plus ou moins divergents, qui se subdivisent pour donner naissance chacun à une paire de folioles, l'une située au dehors, l'autre placée entre celle-ci et la médiane, toutes deux également pétiolulées. De ces cinq folioles, les trois médianes sont généralement à peu près égales; les deux extérieures, subordonnées aux latérales, sont plus courtes et plus étroites, mais la forme de toutes est sensiblement la même; elles sont oblongues, lancéolées, longuement atténuées vers la base, élargies, au contraire, puis obtusément lancéolées au sommet; quelquefois même (fig. 1, pl. IX) ce sommet est un peu émarginé. Le bord est entier et généralement replié en dessous. La côte médiane de chaque foliole est fortement prononcée sur la face inférieure; les nervures secondaires sont peu visibles; elles disparaissent dans l'épaisseur du parenchyme; elles sont assez obliques, repliées en arc anguleux et reliées entre elles par de rares veinules obliques (pl. IX, fig. 2 et 2ª); le long du bord vient se placer une seconde rangée d'aréoles plus petites, obliques et anguleuses comme les autres. A l'œil nu il est difficile de distinguer d'autres détails, mais à l'aide d'une forte loupe et particulièrement sur les empreintes correspondant à la face supérieure, on observe (fig. 3ª) les linéaments d'un réseau très-fin, composé d'une réunion continue de mailles serrées, polygonales ou arrondies-sinueuses sur les côtés, que nous rapportons aux cel-

lules du tissu épidermique, visible de la même façon et offrant un aspect analogue dans les Hellébores à folioles coriaces. Parmi les espèces vivantes, c'est avec les variétés à folioles entières de l'*Helleborus lividus* Ait. et mieux encore de l'*H. niger* L., que l'on doit comparer le *Dewalquea gelindenensis*. Nous avons déjà parlé de son étroite liaison avec le *Dewalquea haldemiana* (pl. VII, fig. 1 et 2); le pétiole est le même des deux parts par sa forme comme par ses proportions; il se subdivise de la même façon au sommet et donne naissance, dans l'espèce de la craie de Haldem, à des folioles disposées comme celles de l'espèce de Gelinden, mais plus nombreuses, plus étroites et plus allongées. La parenté est intime, mais la distinction spécifique est incontestable.

MÉNISPERMACÉES. — MENISPERMACEAE.

19. — Cocculus Kanii. (Pl. X, fig. 1.)

C. foliis petiolatis, petiolo ad apicem incrassato, coriaceis, lato-elongatis, basin versus sensim attenuatis, integerrimis, triplinerviis; nervis lateralibus simplicibus, ad apicem pergentibus, margini parallelis, venulis nervis primariis transversim interpositis, ramoso-flexuosis, in rete tenuissimum, areolis quadratis vel polygonulis constans, demum solutis.

Daphnogene kanii Heer, *Fl. foss. arct.*; — *Mioc. Fl. v. nord. Groëndl.*, p. 112, tab. 14 et 16, fig. 1.

Très-rare.

A la suite d'un minutieux examen de tous les caractères de cette curieuse empreinte, malheureusement mutilée aux deux extrémités, il nous a paru impossible, malgré la distance des lieux et l'éloignement des étages, de ne pas la réunir spécifiquement au *Daphnogene Kanii* [1] Heer, espèce de la flore miocène arctique, découverte à Atanekerdluk, dans le Groënland septentrional, par 70° de lat. N. Le *Daphnogene Kanii*, dont M. Heer a figuré de fort beaux exemplaires, ne saurait être considéré comme dénotant une Laurinée, bien que la disposition triplinerve favorise en apparence son attribution au groupe des *Cinnamomum*. La forme du pétiole, son gonflement à l'endroit où il pénètre dans le limbe, en donnant immédiatement

[1] Voy. cette espèce représentée à côté de celle de Gelinden, pl. X, fig. 2 et 3.

naissance aux trois nervures principales, enfin les détails du réseau veineux, difficilement perceptible, composé de mailles très-menues, trapézoïdes, encadrées dans des aréoles plus grandes, irrégulièrement carrées ou polygonales, tous ces détails détournent l'esprit du groupe des Laurinées et le reportent, au contraire, vers les Ménispermées et les *Cocculus*, opinion que M. Heer lui-même mentionne, bien qu'il ne s'y arrête pas. — Le *Cocculus laurifolius* D. C., arbuste indien, non grimpant, à l'encontre de la presque universalité de ses congénères, avec des feuilles luisantes, oblongues, acuminées aux deux extrémités, entières et triplinerves, présente le port d'un Laurier et s'écarte par le faciès et la forme de ses feuilles de la plupart des Ménispermées, au milieu desquelles il constitue une sorte de type à part, répondant peut-être à un groupe plus nombreux autrefois que de nos jours, dont il ne serait qu'un dernier survivant. La présence des Ménispermées, que M. Baillon considère comme alliées de près aux Laurinées et aux Magnoliacées et situées à distance égale de ces deux ordres, n'a rien de surprenant au commencement des temps tertiaires. Et si cette famille a compris autrefois des formes non grimpantes dont le plus grand nombre aurait successivement disparu, il n'est rien d'impossible à ce que le même *Cocculus* que nous observons à Gelinden, dans l'éocène le plus inférieur, ait été répandu en même temps dans les régions polaires et s'y soit maintenu sans altération jusque dans le miocène inférieur, en compagnie de *Chamaecyparis*, de *Magnolia*, de *Sassafras* et de plusieurs autres types très-voisins de ceux que nous observons en Europe dans la craie supérieure et un peu plus tard dans le tertiaire ancien. Le phénomène de la persistance de certaines formes, très-peu disposées à varier, n'est pas plus surprenant pour l'une de ces catégories de végétaux que pour les autres.

Bien que le *Cocculus Kanii* reproduise le type de notre *C. laurifolius*, il s'en distingue cependant de façon à dénoter une espèce très-distincte de celui-ci. Ses feuilles oblongues sont plus larges, moins acuminées dans les deux directions, plus obtuses, plus coriaces, plus nettement triplinerves, et laissant entrevoir les traces d'un réseau veineux plus fin et plus serré, conforme, du reste, à celui de plusieurs *Cocculus* tropicaux.

20. — **Cocculus Dumonti.** (Pl. X, fig. 4.)

C. foliis glabris, coriaceis, late ovatis, integerrimis, triplinerviis; nervis lateralibus obliquis, ascendentibus, cum secundariis, post intervallum emissis, postea anastomosatis.

Très-rare.

Le contour général, la nervation et le réseau veineux caractéristique des *Cocculus* sarmenteux se montrent dans un lambeau de feuille de Gelinden, trop mutilé pour donner lieu à une description générale, que nous figurons sous le nom de *Cocculus Dumonti*, en souvenir d'A. Dumont, auteur de la carte géologique de l'Europe et de tant d'autres travaux relatifs à la Belgique. — Si cette feuille a réellement appartenu au genre *Cocculus*, ainsi que tous les détails appréciables de la partie conservée tendent à le faire admettre, elle doit être comparée à celles du *Cocculus* (*Pachygone*) *ovata* Meisn., forme tropicale, originaire de Timor. La découverte d'exemplaires plus entiers fournirait seule les éléments d'une solution définitive, rendue cependant probable par la présence du *C. Kanii* dans la végétation de Gelinden.

STERCULIACÉES. — STERCULIACEAE.

21. — **Sterculia labrusca** Ung., *Foss. Fl. v. Sotzka*, tab. 28. — Heer, *Beitr. z. Sachs.-Thüring. Braunkohl.-Fl.*, p. 15, tab. 3 et 4. — Ettingsh., *Foss. Fl. d. tertiär. Beck. von Bilin*, III, p. 13, tab. 45, fig. 4-5.

(Pl. XI., fig. 1.)

S. foliis mediocribus, maxime variantibus, tum subintegris, tum tri- quinquelobatis, plerumque trinerviis, e basi obtuse cuneata sursum trilobatis, lobis linearibus, plus minusve elongatis, apice attenuatis, medio productiore; nervulis tenuibus, sparsis, secus marginem curvato-ramosis.

Sterculia Verbinensis et Duchartrei Wat., *Plantes foss. du bassin de Paris*, p. 223, pl. LVI, fig. 1, 2 et 3.
Platanus Sirii Ung., *Foss. Flora von Sotzka*, tab. 15, fig. 1.
Acer Sotzkianum Ung., *l. c.*, tab. 29, fig. 1.

Très-rare.

Bien que cette espèce ne soit représentée à Gelinden que par un seul fragment de feuille, mutilé à la base, au sommet et sur l'un des côtés, sa déter-

mination ne laisse pas que de nous inspirer confiance : les parties lacérées sont aisées à restituer, et la physionomie de l'espèce est si reconnaissable que nous n'hésitons pas à admettre sa présence dans la végétation de Gelinden.

L'empreinte est celle d'une feuille palmée-triplinerve, en coin obtus à la base, divisée supérieurement en trois lobes allongés, presque linéaires, assez peu divergents et parfaitement entiers. Un des lobes latéraux est le seul qui soit conservé, mais il est déchiré avant son sommet. Il n'existe qu'un lambeau étroit du lobe correspondant, et le médian a disparu par suite d'un accident naturel. Les nervures principales sont bien marquées; les secondaires sont éparses, émises sous un angle ouvert, d'abord simples, puis repliées et subdivisées le long de la marge, qu'elles vont rejoindre. Tous les détails visibles justifient l'attribution qui a été faite de cette espèce au groupe des *Sterculia*, parmi lesquels elle vient se ranger auprès des formes les plus modestes. Le *Sterculia labrusca* présente des feuilles variables, tri- ou quinquélobées; toutefois, les feuilles trilobées sont les plus ordinaires. Cette espèce a été découverte originairement dans le tongrien inférieur de Sotzka en Styrie par M. Unger, puis dans l'éocène supérieur de Skopau en Saxe par M. Heer, qui en a figuré de très-beaux spécimens dont l'identité avec ceux de la première localité paraît incontestable. L'empreinte de Gelinden concorde trop bien avec celles de Skopau pour que nous puissions songer à la séparer de celles-ci; c'est ce que les figures 2 et 3, pl. XI, empruntées à l'ouvrage de M. Heer, permettent de voir. — Il est juste de tenir compte, dans cette appréciation, de la polymorphie inhérente à un type qui, à raison même de sa longévité, a dû donner naissance à un grand nombre de variétés successives. Les feuilles que M. Watelet, dans sa *Flore fossile du bassin de Paris*, a figurées sous les noms de *Sterculia verbinensis* et *Duchartrei*, proviennent, l'une des grès supérieurs aux lignites du Soissonnais, l'autre des sables de Bracheux; elles reproduisent évidemment, malgré certains détails inexactement rendus, les mêmes caractères que la nôtre et doivent être réunies à la même espèce que cette dernière.

Le *Sterculia labrusca* aurait ainsi persisté dans l'Europe tertiaire depuis l'extrême base du tertiaire jusque dans le tongrien. On le retrouve plus près

de nous encore dans le miocène de Bilin [1], ainsi qu'à Ménat (Auvergne); enfin, il a été même signalé, d'une manière douteuse, il est vrai, dans le pliocène de Senigallia [2], en sorte que son existence se serait prolongée sur notre continent à travers la série presque entière des terrains tertiaires, exemple peut-être unique. Mais il serait aussi bien possible qu'au lieu d'une espèce unique et permanente, nous eussions sous les yeux une série de formes alliées de près, et sujettes à se modifier légèrement d'âge en âge, bien que reproduisant toujours le même type. Le résultat serait le même en définitive, et l'extrême longévité de ce *Sterculia* est faite, dans tous les cas, pour exciter l'étonnement. Il a été comparé, par les divers auteurs qui l'ont signalé, au *Sterculia diversifolia* Don, de la Nouvelle-Hollande, dont il se rapproche effectivement par le polymorphisme de ses feuilles, le contour allongé et la direction de ses lobes. Il existe pourtant dans l'herbier du muséum de Paris un *Sterculia* inédit, rapporté de Sénégambie par M. Heudelot, dont les feuilles trilobées, malgré certaines divergences secondaires, semblent mieux répondre à ce que montrent les feuilles fossiles, par les détails réunis de la nervation et de la découpure du limbe.

CÉLASTRINÉES. — CELASTRINEAE.

22. — **Celastrophyllum Benedeni.** (Pl. X, fig. 6, et pl. XII, fig. 1-2.)

C. foliis rigidis, oblongis aut late oblongis, utrinque lanceolatis, cartilagineo-serrulatis, penninerviis; nervis secundariis plus minusve obliquis, ante marginem conjuncto-areolatis; tertiariis flexuosis, transversim oblique reticulatis.

Assez rare.

A l'exemple de M. d'Ettingshausen, nous appliquons la dénomination de *Celastrophyllum* à des feuilles qui manifestent de l'affinité avec le groupe des Célastrinées pris en général. L'un de nous a déjà décrit sous le nom de *Celastrinites* plusieurs feuilles de Sézanne, qui présentent des caractères analogues. Le *Celastrophyllum Benedeni,* que nous dédions au savant zoologiste belge,

[1] Voy. un spécimen de Bilin reproduit, comme terme de comparaison, pl. XI, fig. 4.

[2] *Studii s. Fl. foss. del Senigalliese, di A. Massalongo e C. Sarabelli,* p. 318, tav. 15, fig. 6.

P. Van Beneden, nous paraît allié de près, sinon identique, au *Celastroph. lanceolatum* Ett., de Niederschoena. En rapprochant notre figure 1 de celle de l'auteur allemand [1], on est frappé de la ressemblance des deux empreintes, qui se rapportent également à la partie basilaire d'une feuille. Cependant, la dentelure offre des différences qui se retrouvent aussi dans les détails de la nervation; c'est ce qui nous a engagé à décrire séparément l'espèce de Gelinden, tout en la considérant comme proche parente de celle de Niederschoena.

Les trois figures 1 et 2, planche XII, et 6, planche X, se rapportent, selon nous, à une même espèce, malgré quelques divergences individuelles. Les deux fragments principaux, figures 1 et 2, planche XII, permettent de reconstituer la feuille, puisque l'un représente la base et l'autre la terminaison supérieure du limbe. La forme générale était oblongue-lancéolée, atténuée en pointe vers les deux extrémités; le bord est denté à dents de scie égales, cartilagineuses et se suivant de près. L'empreinte figure 1, planche XII, dont il existe les deux faces, se rapporte à la base d'une feuille plus large et plus grande, dans toutes ses proportions, que les deux autres fragments. Le pétiole manque; la côte médiane est épaisse et saillante dans le bas; elle s'amincit peu à peu en approchant du sommet qui correspond à peu près au milieu du limbe. Les nervures secondaires suivent le mouvement de la feuille; elles sont d'autant plus obliques qu'elles sont plus voisines du pétiole; elles sont nombreuses, élancées, repliées, rameuses et réunies en aréoles irrégulières le long de la marge; des veines obliquement flexueuses courent çà et là dans les intervalles. On distingue de plus à la surface de cette feuille des traces fort nettes, multipliées et éparses, d'un champignon épiphyte, probablement d'un *Sphaeria*, que nos figures, 1*a*, planche XII, représentent grossi. La périthèque consiste en une saillie discoïde, nettement arrondie, cernée d'un rebord étroit et marquée au centre d'un ostiole ou point enfoncé. Cette cryptogame fossile peut recevoir le nom de *Sphaeria vetusta;* elle est une des plus anciennes espèces de ce genre qui ait été observée jusqu'ici. — Notre fig. 2 se rapporte à la moitié supérieure d'une autre feuille

[1] Voy. cette figure reproduite, comme terme de comparaison, pl. XII, fig. 5.

dont la terminaison est lancéolée et le bord denticulé. La nervure médiane est relativement mince; les secondaires, moins obliques que dans l'empreinte précédente, se rejoignent avant le bord, à l'aide d'arceaux obtus, et forment de grandes aréoles, dans l'intérieur desquelles serpentent des veines obliquement flexueuses. La figure 6, planche X, reproduit une empreinte plus douteuse, qui représente une feuille plus allongée, dont les dentelures affectent cependant la même disposition, mais dont la nervation est à peu près invisible.

On observe des feuilles plus ou moins analogues à celles que nous venons de décrire parmi les Célastrinées, dans le genre *Evonymus* (*E. fimbriatus* Wall., Indes; *E. Hamiltonianus* Wall., Népaul; *E. pendulus* Wall., Indes); dans les *Celastrus*, comme le *C. trigynus* D. C.; dans quelques *Elaeodendron*. Les Ilicinées comprennent aussi certaines formes plus ou moins ressemblantes à notre *Celastrophyllum*.

23. — **Celastrophyllum reticulatum**. (Pl. X, fig. 5.)

C. foliis coriaceis, elliptico-oblongis, argute serrulatis, penninerviis; nervis secundariis plus minusve obliquis, ante marginem ramoso-reticulatis; venulis flexuosis, transversim obliquis, undique decurrentibus.

Très-rare.

C'est une feuille de petite taille, ellipsoïde-oblongue, coriace, mutilée aux deux extrémités, et dont la base paraît inégale par suite du repli de l'un des bords. Elle montre sur l'un des côtés, le seul qui soit intact, des denticules aiguës, cartilagineuses et rapprochées. La nervation se compose de nervures plus ou moins obliques, nombreuses, irrégulièrement ramifiées avant les bords; les anastomoses qui se produisent vont en se compliquant et donnent lieu vers le bord à un plexus veineux fin et serré, dont les derniers rameaux courent au bord. Entre les nervures principales s'étendent des veines flexueuses, obliquement transverses. L'ensemble donne lieu à un réseau très-ressemblant à celui des Célastrinées, particulièrement de plusieurs *Celastrus* africains.

24. — **Celastrophyllum repandum.** (Pl. XII, fig. 4-5.)

C. foliis coriaceis, glaberrimis, oblongis, basin versus sensim attenuatis, margine obscure dentato-sinuatis; nervis secundariis obliquis, ante marginem ramoso-reticulatis, areolatim conjunctis; venis flexuosis, reticulum laxum inter secundarios formantibus.

Rare.

C'est encore aux Célastrinées et à une forme analogue à certains *Elaeodendron* que nous rapportons cette feuille, dont nous figurons les deux faces. Elle est oblongue, atténuée inférieurement, de consistance ferme, lisse à la surface, obscurément dentée ou plutôt sinuée de distance en distance, pourvue d'une nervure médiane mince et peu saillante. Les nervures secondaires, très-difficilement perceptibles, obliques, ramifiées avant le bord, sont réunies à l'aide de ramifications sinueuses qui se résolvent en mailles irrégulièrement polygonales. Dans l'intervalle des nervures principales courent des veines flexueuses, obliquement transversales, coudées-anguleuses, qui composent un réseau lâche à mailles trapézoïdes. Il est difficile de se prononcer sur la vraie nature de cette espèce, dont la ressemblance avec l'*Elaeodendron orientale* est cependant faite pour attirer l'attention.

RHAMNÉES. — RHAMNEAE.

25. — **Zizyphus remotidens.** (Pl. XI, fig. 5-6.)

Z. foliis ovato-lanceolatis, ad basin obtuse breviter attenuatis, parce remoteque dentatis dentibus argutis, triplinerviis; nervis lateralibus inferis paulo suprabasilaribus, curvato-adscendentibus, extus breviter ramosis ramulis in dentes pergentibus; tertiariis transversim flexuosis, venulis ministrantibus in reticulum tenue solutis.

Rare.

La disposition triplinerve, le bord denté et les détails caractéristiques du réseau veineux nous autorisent à ranger cette feuille parmi les *Zizyphus*. Le contour général a dû être ovale ou ovale-lancéolé. Les nervures latérales inférieures naissent un peu au-dessus de la base, dans une direction oblique;

elles se recourbent ensuite et deviennent promptement ascendantes. Elles émettent le long de leur côté extérieur, mais seulement à partir du point où elles commencent à suivre une direction parallèle à la médiane, plusieurs ramifications simples ou elles-mêmes subdivisées, qui aboutissent aux dentelures marginales. Celles-ci sont aiguës, espacées, peu nombreuses et peu saillantes. Dans l'intervalle des nervures principales s'étalent des veines transversalement flexueuses, ramifiées à l'aide de veinules repliées en divers sens et donnant lieu par leur réunion à un réseau tout à fait conforme à celui que l'on remarque chez les *Zizyphus*. Le sommet de la feuille figure 5 est totalement mutilé; mais nous rapportons, quoique avec doute, à la même espèce la sommité d'une autre feuille (fig. 6) qui montre des nervures secondaires alternes, très-écartées, recourbées le long du bord et aboutissant chacune à une dent marginale aiguë. Cette espèce se rapproche beaucoup, par l'aspect et la nervation, du *Zizyphus Raincourtii* Sap. [1], de Sézanne, mais il en diffère, ainsi que de la plupart des *Zizyphus* actuels, par des dentelures peu nombreuses et largement espacées. Cette feuille peut encore être comparée à celles des Paliures; elle ressemble surtout au *Paliurus Colombi* Heer [2], de la flore miocène du Groënland, dont les feuilles sont tantôt entières, tantôt denticulées à dents peu nombreuses, comme dans l'espèce de Belgique.

MYRTACÉES. — MYRTACEAE.

26. — **Myrtophyllum cryptoneuron.** (Pl. XII, fig. 6.)

M. foliis coriaceis, ovato-ellipticis, integerrimis; nervo primario stricto; secundariis immersis aut aegre perspicuis, sub angulo recto prodeuntibus, paulo ante marginem arcu obtusissimo conjuncto-areolatis; tertiariis angulatim flexuosis.

Rare.

Le terme générique de *Myrtophyllum* a été appliqué par M. Heer à des feuilles de Moletein que leurs principaux caractères obligent de rapporter au

[1] Voy. *Fl. foss. des travertins anc. de Sézanne*, p. 126, fig. 22 et pl. XIV, fig. 8-10.

[2] *Fl. foss. arct.*, p. 122, tab. 17, fig. 2[d] et 19, fig. 2 et 4; *On the foss. flora of N. Greendl.*, p. 482, pl. XLI, fig. 12.

groupe des Myrtacées et dont la nervation rappelle en particulier celle des *Eucalyptus*. Nous plaçons dans le même genre une empreinte, trouvée à Marlinne par M. Hébert : c'est celle d'une feuille coriace, ovale-ellipsoïde, parfaitement entière sur les bords, qui sont légèrement repliés en dessous, et mutilée naturellement aux deux extrémités. Cette empreinte ne laisse entrevoir qu'avec la plus grande difficulté les détails de ses nervures, cachées dans l'épaisseur d'un parenchyme des plus denses. Le dessin que nous donnons est cependant très-exact, et il nous engage à reconnaître une Myrtacée dans cette feuille, non-seulement à cause de la direction des principales nervures, émises sous un angle très-ouvert et réunies avant le bord, à l'aide d'un arceau très-obtus qui forme, par liaison avec les arceaux voisins, une nervure infra-marginale continue, comme dans la plupart des Myrtacées, mais aussi à cause de la conformité de tous les détails visibles du réseau veineux. Le contour ovale-ellipsoïde, subarrondi vers le bas, atténué vers le haut qui tend à la forme linéaire, se retrouve aussi dans un grand nombre de Myrtacées. C'est surtout parmi les *Eugenia* et les *Eucalyptus* que l'on rencontre des formes analogues.

IV

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES, ÉTUDE COMPARATIVE ET CONCLUSIONS.

Une période géologique quelconque, et, pour traduire la même idée à l'aide du résultat matériel qui permet de la saisir, un étage est toujours nécessairement lié, d'une part avec le passé, c'est-à-dire avec les étages antérieurs, et, de l'autre, avec ceux qui lui ont succédé. Cette double liaison se manifeste à l'aide d'une double chaîne qui rattache les êtres de l'étage examiné à ceux de l'âge précédent, dans une direction, et, dans l'autre, à ceux de l'âge plus récent. Plus les étages antérieur et postérieur avec lesquels la comparaison est établie ont été immédiatement et étroitement contigus à celui que l'on considère, plus aussi, en thèse générale au moins et sauf les exceptions nées de circonstances locales, leur affinité mutuelle doit être visible, et la ressemblance des êtres dont ils gardent les traces, se montre complète, en s'étendant à un nombre croissant de types et d'espèces. La nature organique effectivement, de quelque façon que l'on explique sa marche, ne s'est jamais modifiée que par degrés successifs. Que se passe-t-il donc, à cet égard, lorsqu'il s'agit de deux terrains aussi disparates que le crétacé et le tertiaire observés à leur point de contact? En s'adressant au règne végétal, qui nous occupe exclusivement, on trouve peu de ressemblance, au premier abord, entre la craie supérieure et l'éocène ancien; il est vrai que ces époques n'ont été encore que très-imparfaitement explorées vers les niveaux qui répondent à leurs frontières respectives. Dans le nord de la France et en Belgique, les termes extrêmes des séries qu'il s'agirait de rejoindre, sont riches en espèces, mais entremêlés d'interruptions; ce sont des annales auxquelles manquent subitement plusieurs chapitres. La même série autrement disposée se présente sans discontinuité matérielle dans le midi de la France; mais, sur les bords de l'Arc et ailleurs, les couches sont stériles, malgré leur épaisseur. La flore des marnes heersiennes, quelque peu variée qu'elle soit, établit donc un premier jalon dans une voie nouvelle; elle nous transporte vers les confins

d'une région, pour ainsi dire, inconnue. Plus est obscure la question qu'elle permet d'entrevoir, plus son étude exige de réserve; mais plus aussi elle demande que nous ne négligions rien pour retirer des faits analysés tous les enseignements qu'ils comportent.

Si quelque chose distingue la végétation européenne à l'époque de la craie blanche, c'est d'abord une originalité dans les formes et les types, qui se trouvent associés suivant des proportions inconnues en deçà comme au delà de cet âge; c'est ensuite l'état incomplet, sinon rudimentaire du groupe des Angiospermes. Les familles de cette grande classe tendent alors à s'accroître, à se diversifier; mais, représentées d'une façon partielle, elles sont encore loin, à ce qu'il semble, de leur développement final. Ce qui distingue en dernier lieu la végétation de la craie, c'est le peu de cohésion des éléments constitutifs de la flore, sujette, plus que dans aucun autre temps, à des diversités locales tellement accentuées que la plupart des florules paraissent, lorsqu'on les étudie pour la première fois, rassemblées comme au hasard, plutôt qu'avoir appartenu à la même époque ou au même pays. Jamais le contraste n'a été plus grand qu'à ce moment, soit entre les étages les plus rapprochés, soit entre les localités, même synchroniques, comparées entre elles. Quel lien vraiment susceptible d'analyse peut-on établir entre *Niederschoena* en Saxe, — *Moletein* en Moravie, — *Quedlinburg* et *Blankenburg* dans le Harz, — *Haldem* en Westphalie, — les *Sables d'Aix-la-Chapelle*, — le sénonien du *Beausset* en Provence, les lignites santoniennes de *Fuveau* en Provence et la craie américaine du *Nebraska*, pour ne citer que les localités les plus connues et les mieux étudiées. Toutes sont cependant comprises dans un espace vertical dont le niveau inférieur s'arrête au turonien. Que de types curieux, à peine entrevus, difficiles à définir à cause de leur singularité, de leur nouveauté, de leur peu de connexion avec ce qui existe avant ou après, sur cet horizon dont l'amplitude n'embrasse pourtant qu'un quart environ de la série complète des formations crétacées. Le pêle-mêle des formes anciennes, associées à la foule encore jeune, mais çà et là prépondérante, des Dicotylédones, saute aux yeux, comme le fait principal. Sur beaucoup de points les Fougères, sur d'autres les Conifères ou les Cycadées jouent le même rôle que dans d'autres temps, et dominent plus ou moins dans l'en-

semble ; sur d'autres points encore, ces catégories ou l'une d'elles disparaissent pour faire place à des végétaux d'un aspect différent ; ou bien toutes se pressent également en une sorte d'association confuse.

Dans le *Nebraska*, si cette formation américaine appartient réellement à la craie, on est surpris de ne rencontrer presque que des Dicotylédones semblables à celles qui habiteront plus tard la même contrée lors du miocène : ce sont des lauriers, des sassafras, des platanes, des peupliers, des chênes, des magnolias, des tulipiers. Une partie au moins de ces mêmes essences, spécialement les *Magnolia*, reparaissent en Europe, dans le dépôt de *Moletein*, le moins éloigné du précédent par son faciès, parmi ceux de la craie d'Europe. *Niederschoena* possède encore des Cycadées, voisines de celles du wealdien ; ses Fougères ressemblent à celles de *Moletein*, de *Quedlinburg* et d'*Aix-la-Chapelle ;* mais un genre étrange de Conifères, encore à peu près inconnu et n'ayant rien de commun avec les *Cunninghamia*, malgré le nom de *Cunninghamites* qui lui a été imposé par Sternberg et Ettingshausen, s'y montre et reparaît, à ce que nous croyons, bien plus loin, au *Beausset*, en Provence. D'autre part, tandis qu'au Beausset ce genre se trouve associé à des *Araucaria* de plus d'un type, à des Fougères que l'on ne sait comment classer, à de très-rares Dicotylédones, à *Niederschoena* on observe avec étonnement, selon le témoignage de M. d'Ettingshausen, des formes presque semblables à celles du miocène, entre autres un hêtre (*Fagus prisca* Ett.), un laurier (*Laurus cretacea* Ett.), une Myricée (*Dryandroides Zenkeri* Ett.), etc., mais aucun *Credneria* proprement dit. En effet, les *Credneria cuneifolia* Bronn, *Geinitziana* Ung., *grandidentata* Ung., *tremulæfolia* Brongn., dont on ne sait comment définir les affinités, ne sont pas vraiment congénères des espèces de Blankenburg. A *Blankenburg*, au contraire, on ne rencontre guère que des *Credneria* proprement dits, et à côté d'eux, le singulier genre de Conifères auquel correspond l'*Abietites Goepperti* Dunk. (*Palæontog.*, IV, p. 180, tab. 32), et qui reparaît à *Haldem* (*Abietites truncatus* Sap.), ainsi que dans les lignites de *Saint-Paulet* (Drôme). — Dans les sables presque contemporains d'*Aix-la-Chapelle*, à la hauteur du *Belemnitella quadrata*, le spectacle change encore : ce ne sont plus des *Credneria*, mais à leur place des *Dryophyllum*, et à côté d'eux des *Compto-*

nia, des Protéacées, des Helléborées primitives, des Dicotylédones variées, à feuilles grêles et coriaces, des *Sequoia,* de maigres Fougères, une profusion de formes inconnues dans les autres dépôts. A *Haldem,* aux *Abietites,* si étranges, malgré leur nom, se joignent un *Nerium* et plusieurs Dicotylédones, en compagnie du beau *Dewalquea* que nous avons figuré. Dans le *Limburg* enfin, sur un niveau encore plus voisin de l'éocène que les précédents, ce sont des Araliacées? (*Debeya serrata* Miq.) auxquelles s'ajoute le curieux *Pinites pateus,* retrouvé par M. Louis Lartet dans la craie de Meudon, et qui nous offre le type d'une Conifère encore mal définie. Le *Palmocarpon cretaceum* Miq., du même horizon, marque de son côté l'existence d'une Pandanée, probablement d'une Nipacée, sorte de plante dont les fruits, mêlés aux feuilles et aux tiges de nombreux *Rhizocaulon,* aux débris d'un *Pistia,* dominent dans les lits de l'étage de *Fuveau* en Provence.

Que conclure de cette esquisse, trop rapide pour ne pas être imparfaite, mais dont la signification ne serait point changée par tout ce que nous ajouterions en fait de détails, sinon que, durant la craie supérieure, la végétation est partout en voie d'évolution et de progrès. Elle est en marche, elle se ramifie et se développe; elle se complète surtout par l'adjonction des Dicotylédones. Cette grande classe tend rapidement à occuper le premier rang; elle s'avance à pas de géant. De nouveaux types se forment, s'introduisent et se fixent; des groupes jeunes, d'abord placés à côtés des anciens, de ceux qui caractérisent les temps secondaires et dont le déclin est imminent, envahissent ceux-ci et les entourent, avant de les submerger. De là des diversités apparentes, selon les régions et les localités. Partout la lutte est engagée entre le passé qui résiste et l'avenir qui se prépare et se réalise peu à peu; mais cette lutte est loin de revêtir partout le même caractère. Plus ou moins avancée, plus ou moins décisive suivant les temps et les lieux, elle donne naissance à une foule d'épisodes partiels et de tableaux de détail dont l'étude communiquera un attrait tout particulier à la flore de cette époque, si jamais on parvient à obtenir, sur l'ensemble des végétaux de la craie, des documents aussi importants que sur ceux du tertiaire moyen.

D'une période aussi mobile, période transitionnelle s'il en fut jamais, on n'a qu'à passer en plein éocène et à interroger la belle flore de Sézanne ou

celle des grès du Soissonnais pour reconnaître que, dans l'intervalle, le sol a été déblayé des épaves d'un autre âge. La révolution en voie de s'accomplir lors de la craie supérieure est maintenant achevée. Les Dicotylédones, déjà anciennes, se sont ramifiées dans tous les sens. Les types singuliers ont disparu; les genres que l'on observe parmi les Fougères sont ceux qui dominent encore de nos jours, les autres sont rejetés dans l'ombre; ils persistent peut-être, mais à l'écart. La végétation ne résulte plus d'une association de Cryptogames et de Gymnospermes auxquelles les autres plantes se trouvent plus ou moins subordonnées : ce sont maintenant des proportions qui ne s'éloignent guère de celles qui prédominent de nos jours sur le globe. Au total un grand pas a été franchi. Il n'est nullement invraisemblable d'admettre que des révolutions physiques, soit dans le mode de répartition des mers, soit dans le relief et l'étendue proportionnelle des terres, soit enfin dans les conditions climatériques, se soient produites vers la fin de la craie, en se généralisant assez pour précipiter et compléter le mouvement. Cette lacune entre les deux âges, si difficile à combler, et qui consiste en une solution entre deux séries de couches juxtaposées, semble correspondre, dans l'Europe centrale du moins, à quelque grand phénomène qui aurait éloigné pour un temps les mers de leur bassin et mis obstacle, par cela même, à la continuité de leurs dépôts. Ces dépôts auraient recommencé plus tard avec le retour des conditions propres à favoriser leur formation, mais après une période intérimaire assez longue pour que les changements organiques en voie de s'accomplir, lors de la craie supérieure, eussent achevé de se réaliser au moment de l'accumulation des nouvelles assises, désormais franchement éocènes.

Puisque l'étage de Mons, le plus ancien de ceux que l'on rencontre en Belgique après avoir quitté la craie de Maestricht, ne renferme pas de plantes, c'est à la flore heersienne qu'il faut s'adresser pour obtenir la mesure approximative des changements survenus. Cette interposition d'un étage stérile et d'une lacune intermédiaire ne doit pas nous échapper dans l'interprétation que nous allons faire des plantes de Gelinden. Si l'affinité, comme nous le pensons, est presque toujours inversement proportionnelle à l'éloignement, nous jugerons tout d'abord que Gelinden nous reporte effectivement à une distance assez considérable de la craie la plus supérieure, puisque la plupart des types

caractéristiques de cet âge ont été éliminés ou du moins ont diminué d'importance. La liaison est cependant sensible avec la flore de la craie considérée dans son ensemble. Elle se manifeste par les particularités suivantes : les deux seules Fougères observées à Gelinden ne sont pas des Polypodiacées, comme à Sézanne, mais une Lygodiée et une Osmundée ; elles appartiennent par conséquent à des tribus actuellement subordonnées et exceptionnelles, mais qui dominent justement dans la craie, tandis que la prépondérance des Polypodiacées parmi les Fougères, comme celle des Dicotylédones, parmi les Phanérogames, date principalement de l'éocène. Un second trait de liaison consiste dans l'abondance des *Dryophyllum*, qui rappellent ceux de la craie, particulièrement ceux d'Aix-la-Chapelle. Il est probable cependant que les *Dryophyllum* ne sont que des chênes prototypiques, et si la principale espèce de Gelinden offre de la ressemblance avec le *D. cretaceum* Deb., elle est encore plus voisine d'une espèce des grès du Soissonnais et même de certains chênes actuels du Népaul. — Un autre trait commun entre Gelinden et la craie, encore plus frappant, résulte de la présence des *Dewalquea*, qui sont, à ce que nous conjecturons, des Helléborées primitives, et qui se montrent à la fois dans la craie de Haldem et dans celle d'Aix-la-Chapelle, sans se rencontrer dans aucune des flores éocènes postérieures au heersien, observées jusqu'ici. Ce dernier lien emprunte une importance particulière à la singularité du type aussi bien qu'à l'étroite affinité qui rattache la forme de Gelinden à celle de Haldem, dont on peut croire qu'elle n'est qu'une descendance légèrement modifiée. En dernier lieu, une Célastrinée de Gelinden, *Celastrophyllum Benedeni*, est à peine distincte du *C. lanceolatum* Ett., de Niederschoena ; et sans doute la liste des espèces communes aux deux terrains ou reproduisant la même physionomie irait en grossissant, si les flores respectives étaient explorées avec plus de soin. Remarquons effectivement que par sa composition même la flore de Gelinden s'écarte peu de ce que montrent certaines flores nettement crétacées, entre autres celles de Quedlinburg et de Niederschoena, dont on retrancherait les Gymnospermes. Ce sont des deux parts des Quercinées, des Salicinées, des Laurinées, des Araliacées, des Ampélidées, des Célastrinées et des Myrtacées qui forment le gros des Dicotylédones et dont la détermination présente le moins d'incertitude.

Ces liens, malgré tout, ne sont que partiels. Ceux avec l'éocène et même avec l'ensemble du tertiaire sont plus marqués et plus précis, uniquement peut-être parce qu'il s'agit d'un âge dont la végétation est mieux connue. L'affinité résulte pour Gelinden, à ce second point de vue, soit de l'ensemble, soit de certains détails, soit enfin de l'existence d'espèces identiques avec celles que l'on observe dans les étages subséquents. Pour faire mieux ressortir ces divers points, nous avons eu la pensée de les résumer dans le tableau suivant :

Tableau des affinités de la flore de Gelinden avec celles des divers étages tertiaires et avec la flore actuelle.

ESPÈCES HEERSIENNES DE GELINDEN.	ESPÈCES TERTIAIRES ANALOGUES OU IDENTIQUES A CELLES DE GELINDEN.					ESPÈCES VIVANTES ANALOGUES.
	ÉOCÈNE INFÉRIEUR OU SUESSONIEN.	ÉOCÈNE SUPÉRIEUR	TONGRIEN.	MIOCÈNE.	PLIOCÈNE.	
Osmunda eocenica Sap. et Mar.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	*O. Heerii* Gaud. (Groëndl. et Mol. Suisse).	*O. Heerii* Gaud.	*Osmunda obtusifolia* Wild (Afr. aust.).
Chamæcyparis belgica Sap. et Mar.	. . . . .	. . . . .	*Ch. massiliensis* Sap.	*Ch. europæa* Sap. *Ch. Breynianus* Goepp. *Ch. Ehrenswaerdi* Heer (Groëndl.).	. . . . .	*Chamæcyparis pisifera* Sieb. et Zucc. (Japon).
Dryophyllum Dewalquei Sap. et Mar.	*Dryoph. Saportæ* Wat.	*Quercus furcinervis* Rossm.	*Q. furcinervis* Rossm.	*Q. furcinervis* Ross.	*Quercus mauritanica* Sap. et Mar. (Oran.).	*Quercus dealbata* Hook (Népaul).
Dryophyllum curticellense (Wat.) Sap. et Mar.	*Dryoph. curticelleuse* Wat.					
Salix longinqua Sap. et Mar.	*Salix socia* Sap.	*Salix* nov. sp. (Gypses d'Aix).	. . . . .	*Salix Lavoteri* Heer	. . . . .	*Salix triandra* L. *Salix octandra* Sieb. (Afrique trop.).
Daphnogene sezannensis Sap.	*Daphnogene sezannensis* Sap.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	*Cinnamomum culilawan* Nees (Asie tr.)
Laurus Omalii Sap. et Mar.	. . . . .	*Laurus Forbesi* Heer.	*Laurus primigenia* Ung.	*L. primigenia* Ung.	*Laurus canariensis pliocenica.*	*Laurus canariensis* Webb.
Laurus heersiensis Sap. et Mar.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	*Laurus (Persea) typica* Sap. *Laur. superba* Sap.	*Persea amplifolia* Sap.	*Persea indica* Spr. (Canaries).
Cocculus Kanii (Hr) Sap. et Mar.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	*Cocculus (Daphnogene) Kanii* Heer (Groënland).	. . . . .	*Cocculus laurifolius* D. C. (Ind. or.).
Sterculia labrusca Ung.	*Sterculia labrusca* Ung.	*Sterculia labrusca* Ung.	*Sterculia labrusca* Ung.	*Sterculia labrusca* Ung.	*Sterculia labrusca* Ung. (Mass.).	*Sterculia diversifolia* Dos. (Australie). *Sterculia* Sp. (Sénégambie).
Zizyphus remotidens Sap. et Mar.	*Zizyphus Raincourtii* Sap.	. . . . .	*Zizyphus Ungeri* Heer.	*Zizyphus Ungeri* Heer. *Paliurus Colombi* Heer (Groënland).	. . . . .	*Zizyphus jujuba* Lam. (Afr. trop.).

Les liens de parenté résultant du tableau qui précède sont sérieux. On voit qu'au lieu de Conifères de genre perdu ou devenues étrangères à notre zone, le *Chamæcyparis* de Gelinden appartient à un type qui non-seulement reparaît à plusieurs reprises et sur divers points dans l'Europe tertiaire, mais habite encore de nos jours l'orient de notre hémisphère. Le *Dryophyllum Dewalquei* se trouve représenté dans le cours du tertiaire par une série de formes successives, tracées sur le même modèle, et qui persistent en Europe, ou du moins dans la région méditerranéenne, jusque dans le pliocène. Il en est de même du *Sterculia labrusca,* que l'on retrouve sans aucun changement appréciable dans tous les étages tertiaires jusqu'au plus récent. Six espèces, soit identiques, soit très-analogues à celles de Gelinden, reparaissent dans l'éocène inférieur, et sur ces six, deux, très-caractéristiques, ont été signalées par M. Watelet dans les sables de Bracheux, que nous considérons comme stratigraphiquement contigus aux marnes heersiennes de Gelinden. Les analogies de la flore de Gelinden avec le tongrien et surtout avec le miocène ne sont pas moins frappantes ; elles témoignent de la vitalité prolongée, de la diffusion de certains types, et de la persistance de quelques-unes même des formes qui faisaient partie de la végétation dès le début des temps tertiaires. Mais ce qui doit frapper davantage comme une preuve de la nullité des obstacles opposés longtemps par la latitude à l'extension des plantes vers le nord, ce sont les relations de la flore de Gelinden avec celle des régions polaires miocènes. La présence constatée, au Spitzberg et au Groënland, non seulement de l'*Osmunda Heerii,* espèce voisine de celle de Gelinden, et de plusieurs *Chamæcyparis,* mais du *Cocculus Kanii* (*Daphnogene Kanii* Heer), spécifiquement identique avec une forme de Gelinden, du *Paliurus Colombi* Heer, qui paraît ressembler beaucoup à notre *Zizyphus remotidens,* constitue, selon nous, un phénomène des plus remarquables. Ce phénomène, joint à quelques autres indices du même ordre, comme la présence simultanée de magnolias et de sassafras dans la craie et l'éocène inférieur d'Europe aussi bien qu'aux environs du pôle, démontre que rien ne mettait obstacle, vers l'époque des marnes heersiennes, à ce que l'Europe et les pays arctiques possédassent en commun les mêmes végétaux. Il démontre également qu'à partir de cet âge et jusque dans le miocène l'abaissement de la

température n'a pas été assez marqué pour faire cesser cette communauté, en éliminant du sol arctique les végétaux qui s'y étaient antérieurement établis. Les éléments essentiels et caractéristiques de la végétation circumpolaire à l'époque miocène étaient, à ce qu'il semble, anciens dans les régions de l'extrême Nord; ils remontaient par leur origine, en partie au moins, à l'éocène, sinon à la craie, peut-être même au delà. Il en était ainsi des *Osmunda*, des *Sequoia*, des *Chamæcyparis*, des *Magnolia*, des *Lyriodendron*, des *Sassafras*, etc. que l'on y a observés. D'autres types, comme les *Fagus*, *Castanea*, *Quercus* à feuilles caduques, *Carpinus*, *Ulmus*, *Betula*, *Populus*, *Platanus*, *Liquidambar*, *Tilia*, etc. qui s'y montrent associés aux premiers et paraissent y avoir tenu une place considérable, peuvent bien être sortis peu à peu de types antérieurs, insensiblement modifiés de façon à s'adapter aux exigences d'un climat plus humide et moins égal, dès cette époque, que ne l'était encore celui du reste de notre hémisphère. Ce qui tendrait à le prouver, c'est que, vis-à-vis de chacun de ces groupes à feuilles caduques, si bien en harmonie avec les saisons actuelles du Nord, il existe des sections dont les caractères accusent des tendances accentuées dans le sens d'un climat doux et méridional, tendances qui se manifestent, soit par la délicatesse plus grande, soit par la persistance plus prolongée et la consistance des feuilles. C'est ainsi effectivement que vis-à-vis des *Magnolia* à feuilles caduques se rangent ceux qui gardent leurs feuilles; les chênes verts et les *Castanopsis* sont dans le même rapport vis-à-vis des chênes blancs, des châtaigniers et des hêtres. Les *Micropteleа* répondent aux *Ulmus* proprement dits; les peupliers coriaces à ceux dont les feuilles sont membraneuses, les *Betulaster* du Népaul aux bouleaux du Nord, etc. Les *Altingia* eux-mêmes représentent des *Liquidambar* à feuilles persistantes; et les *Salix*, les *Alnus* et les *Carpinus* des contrées chaudes possèdent des feuilles fermes et tenaces qui attendent plus ou moins sur les rameaux le développement des pousses nouvelles. Or, on peut avancer que, dans l'Europe primitive, ces sections à feuilles coriaces ou semi-persistantes ont précédé, dans chaque groupe, celles à feuilles vraiment caduques et de physionomie boréale [1]. Rien n'empêche donc de considérer

[1] Cette affirmation résulte de recherches sérieuses entreprises par les auteurs de ce mémoire et embrassant l'ensemble des flores tongriennes et miocènes. Les preuves abondent en faveur

les végétaux de ces dernières catégories, de même que les *Tilia*, les *Platanus*, les *Liquidambar*, et avec eux les *Taxodium*, les *Glyptostrobus*, les *Salisburia*, etc., qui sont dans le même cas, par la caducité périodique de leurs feuilles ou de leurs ramules, comme des types *enfants du Nord*, adaptés peu à peu aux exigences d'un climat humide et relativement froid, qui se seraient répandus de proche en proche à travers l'Europe, à mesure que celle-ci perdait peu à peu sa chaleur originaire pour ressembler de plus en plus à ce qu'elle est enfin devenue.

Le germe de ces événements, encore si lointains, était déposé en principe dans la végétation de la craie, alors que le type des Dicotylédones, si plastique et si disposé à se ramifier dans tous les sens, y eut pris naissance et se fut librement répandu au loin. Nul n'aurait pu les prévoir cependant, en constatant la liberté absolue des combinaisons végétales, auxquelles l'échelonnement des latitudes n'apportait encore aucun trouble, d'un bout à l'autre de notre hémisphère. Rien ne gênait au début l'essor que prirent subitement les Dicotylédones angiospermes; chacun de leurs groupes, à mesure que ses traits se fixaient et que des circonstances favorables ouvraient l'espace devant lui, s'étendait et se développait. En appréciant, quoique de très-loin, ce mouvement, nous avons pensé qu'il était, sinon complet, du moins bien près de son achèvement, au commencement des temps tertiaires, lorsque vivaient les plantes de Gelinden. Il est naturel de se demander, en étudiant celles-ci, à quelle sorte de climat elles étaient soumises; et la question, bien que difficile, mérite d'autant mieux de fixer un instant l'attention que des changements climatériques, attestés par des changements corrélatifs dans la physionomie de la flore, ont dû avoir lieu à plusieurs reprises dans le long espace qui s'étend de la craie supérieure au pliocène.

L'apparition et le développement des Dicotylédones constituent, à notre point de vue particulier, le fait le plus considérable qui ait eu lieu, non-seulement durant la craie, mais même depuis l'extrême origine de la végétation. Ce fait coïncide à peu près avec l'invasion de la mer où se déposa la craie

de l'opinion qui est ici exprimée et qui sera développée ultérieurement dans un travail général sur l'influence croissante de la latitude et sur la distribution géographique des végétaux à travers l'Europe tertiaire.

blanche dans le centre de l'Allemagne et son desséchement dans la vallée du Rhône, en Suisse et en Bavière. La mer envahissait ainsi certaines contrées pour en délaisser d'autres situées au sud des premières. Ces événements, malgré l'ignorance où nous sommes des circonstances, peut-être fort complexes, qui les accompagnèrent, favorisèrent l'introduction et l'extension des Dicotylédones en Europe. On serait même tenté de croire que cette introduction eut lieu plus particulièrement dans la direction du nord. La présence prépondérante des Dicotylédones, à partir du cénomanien et du turonien, n'a pas été seulement constatée dans l'Europe centrale, mais en Amérique, à une latitude correspondante, dans le Nebraska; et enfin, tout dernièrement, dans le Groënland septentrional, au sud de la presqu'île de Noursoak, où une flore rapportée à la craie supérieure [1] a présenté de nombreuses Dicotylédones, associées à des Fougères, à des Conifères et à des Cycadées. Ces Dicotylédones, encore inédites, ont paru à M. Heer, qui les a examinées, comprendre des Peupliers, des *Ficus*, des *Myrica*, des *Magnolia* et des Myrtacées. C'est donc là, on peut le dire, un fait général pour une partie de notre hémisphère. La diffusion, à cette époque, du Nebraska, à l'ouest, et du Groënland, au nord, jusqu'au fond de l'Allemagne, en Moravie et en Saxe, de certains genres caractéristiques, comme les *Gleichenia*, les *Sequoia* et les *Araucaria*,

[1] Une autre flore appartenant à une craie plus ancienne, probablement au niveau de l'urgonien, a été aussi découverte dans le Groënland et sera bientôt publiée par le savant professeur de Zurich. On remarque l'absence des Dicotylédones dans cette flore, dont les types se lient étroitement à ceux qui caractérisent, en Europe, le wealdien et même le jurassique. Le premier de ces faits démontre que les Dicotylédones durent se répandre vers les pôles, à peu près à la même époque que sur notre continent, et aussi qu'au commencement de la craie, ces plantes manquaient également aux deux régions. Le moment précis où les végétaux de cette grande classe ont commencé à paraître peut donc être circonscrit dans les limites assez rigoureuses, en ce qui concerne une partie notable de notre hémisphère. L'événement coïnciderait avec la craie moyenne : avant cet âge, on ne rencontre de Dicotylédones ni en Europe, ni dans le Groënland; immédiatement après cet âge, on les observe en Europe aussi bien que vers le pôle. Mais par quelle direction se sont-elles propagées originairement? Sont-elles venues par le nord en avançant vers le sud ou par l'est en marchant dans le sens des longitudes? Ou bien ont-elles rayonné à la fois de plusieurs points différents? — C'est ce que nous ignorons profondément; mais peut-être des recherches plus étendues et plus précises sur les végétaux crétacés du Nebraska, dont la flore paraît si riche en Dicotylédones, nous apprendront plus tard quelque chose sur une question aussi importante.

les *Magnolia*, les myrtes, les Myricées, propablement aussi les figuiers et les saules, ainsi que la présence, dans l'Europe centrale, de types à larges feuilles, comme celui des *Credneria*, et de Quercinées représentées par les *Dryophyllum*, tout cet ensemble entraîne l'idée d'un climat chaud sans excès, humide et doux, favorable à l'extension des essences qui se plaisent au bord des eaux ou qui se groupent de manière à former des associations forestières.

L'extrême variété des formes végétales de cette époque, lorsque nous comparons les diverses localités européennes, nous a fait admettre des diversités régionales plus ou moins accentuées, résultant peut-être d'émissions successives de types nouveaux, opérées dans plusieurs directions. Il est positif que l'Europe crétacée était loin de posséder la même végétation sur toute l'étendue de sa surface. Peut-être aussi les conditions d'un climat uniforme lui faisaient-elles défaut; et, tandis que les parties situées au nord et au centre se couvraient principalement de Dicotylédones arborescentes et vigoureuses, au feuillage ferme, lustré et largement développé, la partie méridionale, à en juger par les découvertes toutes récentes de MM. Toucas dans la craie sénonienne du Beausset (Var), ne possédait encore que d'assez rares Dicotylédones. Les Conifères et les Fougères coriaces qui dominaient incontestablement sur ce point, dénotent, à ce qu'il semble, un climat plus chaud et autrement combiné au point de vue de l'humidité. Plus tard, dans le même pays, l'étage des lignites de Fuveau, produit d'un courant fluviatile de premier ordre, transformé de temps à autre en lagunes tourbeuses, ne laisse pas entrevoir un état de choses sensiblement différent. A côté des plantes aquatiques et marécageuses (*Rhizocaulon, Pistia*), qui sont les plus fréquentes, on rencontre des Fougères qui se rapportent aux groupes des Lygodiées et des Osmundées; mais les Dicotylédones paraissent toujours rares et chétives. Ce sont en définitive des Pandanées (*Nipadites*) qui dominent dans l'ensemble.

Si l'on s'attache à ce qui tient au climat et aux indices au moyen desquels il est possible de le déterminer, rien ne semble avoir changé lorsque, au sortir de la craie blanche, on aborde la végétation de Gelinden. Les Dicotylédones à feuillage ferme, lustré et luxuriant obtiennent toujours la prépondérance,

de manière à restreindre les autres catégories dans les plus étroites limites. C'est la continuation du même phénomène, dont les dernières conséquences, graduellement réalisées, ont amené une élimination définitive de tous les éléments qui n'étaient pas en harmonie avec lui. Dans le nord de l'Europe au moins, le climat des premiers temps éocènes a dû rester ou redevenir ce qu'il était lors de la craie supérieure : tiède, mais non excessif, raisonnablement humide, propre à donner l'essor aux Dicotylédones et favorable à la végétation forestière. En examinant de près, on voit effectivement que les *Aneimia* s'avancent actuellement peu au delà des tropiques, puisqu'ils ne dépassent pas Mexico, dans la direction du nord; que le sous-genre *Aneimidictyum* en particulier est exclusivement tropical, et que l'espèce la plus analogue à celle de Gelinden est indigène du Brésil, de la Martinique et de Cuba, où elle croît dans les bois humides. Les *Chamaecyparis* recherchent la fraîcheur et abondent particulièrement au Japon, où vit le *Ch. pisifera*. C'est également aux chênes du Japon et à ceux du Népaul que nous avons comparé les *Dryophyllum* de Gelinden. Le *Cocculus Kanii* reproduit l'aspect d'une Ménispermée indienne, qui supporte pourtant la température du midi de la France, dans la zone voisine du littoral. La présence d'un saule d'apparence subtropicale, des Laurinées et du *Sterculia labrusca* concorde avec ces mêmes données.

C'est donc à l'existence d'un climat modérément chaud, tempéré par l'humidité, exempt de saisons extrêmes, que nous ramène l'étude des végétaux heersiens. Plus tard, dans la même région, la chaleur dut s'accroître, au lieu de diminuer. La multiplication des Palmiers et des Nipacées dans l'éocène moyen et supérieur tend à le démontrer, de même que l'amoindrissement visible de toutes les formes, à l'époque du calcaire grossier parisien, où les *Myrica*, les *Quercus*, les *Zizyphus*, les *Nerium*, etc., ne portant plus que des feuilles étroites et chétives, semblent annoncer plus de sécheresse dans l'atmosphère. D'autre part, la longue persistance de plusieurs des types ou des formes que nous avons décrites est une preuve que, durant plus de la moitié des temps tertiaires, les oscillations climatériques furent plutôt partielles que générales, et que rien de radical, aucun abaissement subit, suivi de retour et capable de bouleverser la végétation euro-

péenne, ne vint entraver la marche de son développement, jusqu'au moment où, par une dépression lente, graduelle et originairement presque insensible, la flore de notre continent, si riche au début, s'appauvrit et se transforma peu à peu, pour acquérir enfin les caractères qui la distinguent encore de nos jours.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.

Fig. 1. *Aneimia palæogæa* Sap. et Mar., foliole, grandeur naturelle.
— 2. *Osmunda eocenica* Sap. et Mar., foliole, grandeur naturelle; 2ª, portion grossie pour montrer la disposition des nervures et les denticules du bord.
— 3. *Chamæcyparis belgica* Sap. et Mar., fragment de ramule légèrement grossi.
— 4. *Dryophyllum vittatum* Sap. et Mar., portion d'une feuille mutilée aux deux extrémités, grandeur naturelle.
— 5. *Dryophyllum curticellense* Sap. et Mar. (*Myrica curticellensis* Wat.), feuille presque entière, grandeur naturelle.
— 6-7. *Dryophyllum laxinerve* Sap. et Mar.; 6, portion médiane d'une feuille très-étroite; 7, sommité d'une autre feuille; ces deux figures sont de grandeur naturelle.

PLANCHE II.

Fig. 1-6. *Dryophyllum Dewalquei* Sap. et Mar.; 1, portion notable d'une feuille très-large; 2 et 3, feuilles de forme étroite, mutilées au sommet; 5 et 6, bases de feuilles munies de leur pétiole; 4, partie inférieure d'une autre feuille dont le réseau veineux est dans un état admirable de conservation. — Toutes ces figures sont de grandeur naturelle.

PLANCHE III.

Fig. 1-4. *Dryophyllum Dewalquei* Sap. et Mar.; 1, partie supérieure d'une feuille de grande taille, grandeur naturelle; 2, sommité d'une autre feuille, grandeur naturelle; 3 et 4, portions médianes de deux autres feuilles montrant la face inférieure et dont le réseau veineux est dans un état parfait de conservation, grandeur naturelle; 4ª, détails de la nervation grossis.
— 5. *Quercus dealbata* Hook., du Népaul, feuille, grandeur naturelle.

PLANCHE IV.

Fig. 1-4. *Dryophyllum Dewalquei* Sap. et Mar.; 1, base d'une feuille avec son pétiole, grandeur naturelle; 2, portion médiane d'une autre feuille, grandeur naturelle; 3, autre feuille étroite et longue, mutilée aux deux extrémités, grandeur naturelle; cette empreinte correspond à la face supérieure; 4, fragment d'une autre feuille plus étroite que les précédentes, mais appartenant à la même espèce, grandeur naturelle.

— 5. *Quercus mauritanica* Sap. et Mar., portion inférieure d'une feuille, y compris le pétiole, grandeur naturelle, d'après un spécimen provenant des marnes à tripoli, probablement pliocènes, des environs d'Oran (Algérie).

— 6. *Salix longinqua* Sap. et Mar., feuille mutilée aux deux extrémités, grandeur naturelle; 6^{aa}, dents marginales faiblement grossies. L'empreinte correspond à la face supérieure.

— 7. *Daphnogene longinqua* Sap. et Mar., fragment d'une feuille, grandeur naturelle.

PLANCHE V.

Fig. 1-2. *Dryophyllum* (*Myrica* Wat.) *curticellense* Sap. et Mar.; 1, moitié inférieure d'une feuille, y compris le pétiole; 2, terminaison supérieure d'une autre feuille, grandeur naturelle, d'après des exemplaires provenant de l'horizon des sables de Bracheux, figurés dans l'ouvrage de M. Watelet sur les *Plantes fossiles du bassin de Paris*.

— 3. *Dryophyllum* (*Castanea*) *Saportæ* Wat., feuille presque entière, grandeur naturelle, d'après un exemplaire provenant des grès supérieurs aux lignites du Soissonnais, figuré dans l'ouvrage de M. Watelet.

— 4-6. *Dryophyllum cretaceum* Deb.; 4, portion médiane d'une feuille, grandeur naturelle; 5, terminaison supérieure d'une autre feuille, grandeur naturelle; 6, base d'une autre feuille plus large que les précédentes, grandeur naturelle.

— 7. *Cissites lacerus* Sap. et Mar.; face supérieure d'une foliole mutilée, grandeur naturelle.

PLANCHE VI.

Fig. 1. *Laurus Omalii* Sap. et Mar., feuille mutilée aux deux extrémités, grandeur naturelle.

— 2. *Laurus canariensis* Webb, feuille, grandeur naturelle, pour servir de terme de comparaison avec le *Laurus Omalii* et pour montrer l'extrême analogie du réseau veineux dans les deux espèces.

— 3. *Laurus* (*Persea*) *heersiensis* Sap. et Mar., feuille mutilée aux deux extrémités, grandeur naturelle.

— 4. *Laurus* (*Persea*) *latior* Sap. et Mar., lambeau de feuille mutilée naturellement, grandeur naturelle.

— 5-6. *Daphnogene sezannensis* Sap., les deux côtés de la même feuille; la figure 6 correspond à la face inférieure; grandeur naturelle.

PLANCHE VII.

Fig. 1-2. *Dewalquea haldemiana* Sap. et Mar. (*Araliophyllum haldemianum*, Deb. Ms.); 1, feuille complète, sauf les extrémités de quelques-unes des folioles, grandeur naturelle; 2, base d'une autre feuille de la même espèce, d'après des dessins communiqués par M. le docteur Debey; ces exemplaires proviennent de la craie de Haldem en Westphalie; ils faisaient partie de la collection Krantz, à Bonn, où M. Debey les a vus et dessinés en 1865.

— 3. *Aralia venulosa* Sap. et Mar., lambeau de foliole, grandeur naturelle.

— 4. *Aralia argutidens* Sap. et Mar., fragment de feuille, grandeur naturelle.

PLANCHE VIII.

Fig. 1. *Aralia demersa* Sap. et Mar., foliole mutilée à l'extrémité supérieure, grandeur naturelle.

— 2. *Aralia venulosa* Sap. et Mar., foliole de consistance coriace, mutilée à l'extrémité supérieure, grandeur naturelle.

— 3-4. *Dewalquea gelindenensis* Sap. et Mar.; 3, deux folioles, dont l'une terminée au sommet qui est légèrement émarginé; 4, base d'une feuille de petite taille avec le pétiole commun intact, grandeur naturelle.

— 5-7. *Dewalquea aquisgranensis* Sap. et Mar.; 5, feuille munie de son pétiole et réduite à trois folioles, grandeur naturelle; 6, autre feuille composée de trois, peut-être de cinq folioles; les trois folioles montrent leur terminaison supérieure; 6ª, détails de la nervation grossis; 7, autre feuille composée de cinq folioles, dont la base manque, grandeur naturelle. Ces trois figures reproduisent des exemplaires de la craie d'Aix-la-Chapelle, communiqués par M. le docteur Debey sous le nom de *Grevillea palmata*.

PLANCHE IX.

Fig. 1-7. *Dewalquea gelindenensis* Sap. et Mar.; 1, grande feuille montrant quatre folioles dont une seule est terminée supérieurement par un sommet obtus et un peu rétus, grandeur naturelle; 2, fragment d'une foliole, grandeur naturelle, avec la nervation; 2ª, détails de la nervation grossis; 3, feuille d'assez grande taille montrant le pétiole commun surmonté de cinq folioles plus ou moins mutilées supérieurement; 3ª, détails grossis de la nervation et aspect du réseau épidermique; 4, trois folioles dont deux montrant la terminaison supérieure qui est arrondie, grandeur naturelle; 5, trois folioles dont deux terminées par un sommet atténué-obtus, grandeur naturelle; 6 et 7, base de feuilles montrant le mode d'insertion des folioles sur le pétiole commun, grandeur naturelle.

PLANCHE X.

Fig. 1. *Cocculus Kanii* Sap. et Mar., partie médiane d'une feuille, grandeur naturelle.

— 2-3. *Daphnogene* (*Cocculus*) *Kanii* Heer; 2, partie médiane d'une feuille exactement conforme à celle de Gelinden, grandeur naturelle; 3, feuille entière, en partie restaurée. Ces deux figures, destinées à démontrer l'affinité de l'empreinte de Gelinden avec celles de la flore miocène du Groënland, ont été empruntées au bel ouvrage de M. Heer intitulé : *Flora fossilis arctica.*

— 4. *Cocculus Dumonti* Sap. et Mar., lambeau de feuille, grandeur naturelle.

— 5. *Celastrophyllum reticulatum* Sap. et Mar., fragment d'une feuille mutilée aux deux extrémités, grandeur naturelle. L'empreinte correspond à la face supérieure.

— 6. *Celastrophyllum Benedeni* Sap. et Mar., partie médiane d'une feuille, grandeur naturelle.

PLANCHE XI.

Fig. 1. *Sterculia labrusca* Ung., feuille très-mutilée, grandeur naturelle.

— 2-3. *Sterculia labrusca* Ung.; 2, feuille mutilée supérieurement, très-ressemblante à celle de Gelinden, grandeur naturelle; 3, autre feuille, à peu près complète, provenant de Skopau (Saxe), comme la précédente. Ces deux figures sont empruntées au mémoire de M. Heer sur la flore fossile de Skopau en Saxe.

— 4. *Sterculia labrusca* Ung., feuille, grandeur naturelle, d'après un exemplaire provenant de Bilin, figuré par M. d'Ettingshausen dans son ouvrage intitulé : *Flore fossile du bassin tertiaire de Bilin.*

— 5-6. *Zizyphus remotidens* Sap. et Mar.; 5, feuille mutilée au sommet, grandeur naturelle; 6, partie terminale d'une autre feuille, grandeur naturelle.

PLANCHE XII.

— 1-2. *Celastrophyllum Benedeni* Sap. et Mar.; 1, partie inférieure d'une feuille, grandeur naturelle; la surface se trouve parsemée de ponctuations discoïdes arrondies; deux de ces organes, probablement parasites, *Sphæria vetusta* Sap. et Mar., sont représentés grossis, fig. 1ª; 2, sommité d'une autre feuille, grandeur naturelle.

— 3. *Celastrophyllum lanceolatum* Ett., partie inférieure d'une feuille, grandeur naturelle, d'après un exemplaire de la craie de *Niederschoena*, figuré par M. d'Ettingshausen dans son mémoire sur la flore fossile de cette localité.

— 4-5. *Celastrophyllum repandum* Sap. et Mar., feuille, grandeur naturelle; les deux figures reproduisent les deux côtés de la même empreinte.

— 6. *Myrtophyllum cryptoneuron* Sap. et Mar., feuille mutilée aux deux extrémités, grandeur naturelle.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

INTRODUCTION 5

I. Résumé géologique des travaux relatifs à la position des marnes heersiennes de Gelinden 7

II. Révision des caractères propres à la végétation crétacée 12

III. Description des espèces 29

Aneimia (Aneimidictyum) palæogæa . . . . . *ib.*
Osmunda eocenica 30
Chamæcyparis belgica 31

G. Dryophyllum 33
Dryophyllum Dewalquei 37
— laxinerve 41
— curticellense 42
— vittatum 43
Salix longinqua 44
Daphnogene sezannensis 47
— longinqua 48
Laurus Omalii 49
— (Persea) heersiensis 50
— — latior 51
Aralia demersa 52
— venulosa 53
— argutidens . . . . . *ib.*
Cissites lacerus 54

Pages

G. Dewalquea. 55
Dewalquea gelindenensis 61
Coccuius Kanii 63
— Dumonti 65
Sterculia labrusca . . . . . *ib.*
Celastrophyllum Benedeni. 67
Sphæria vetusta 68
Celastrophyllum reticulatum 69
— repandum 70
Zizyphus remotidens . . . . . *ib.*
Myrtophyllum cryptoneuron 71

IV. Considérations générales, étude comparative et conclusions 73

Explication des planches. 87

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES ESPÈCES DÉCRITES OU FIGURÉES.

(Les synonymes sont en caractères italiques.)

Pages.

Acer Sotzkianum Ung. 65
Aneimia (Aneimidictyum) cocenica Sap. et Mar. 50
Aralia argutidens Sap. et Mar. 53
— demersa Sap. et Mar. 52
— venulosa Sap. et Mar. 53
Araliophyllum haldemianum, Deb. Ms. 60
Celastrophyllum Benedeni Sap. et Mar. 67
— lanceolatum Ett. 68
— repandum Sap. et Mar. 70
— retieulatum Sap. et Mar. 69
Chamæcyparis belgica Sap. et Mar. 51
Cinnamomum dubium Wat. 47
— *sezannense*, Wat. . . . . *ib.*
Cissites laecrus Sap. et Mar. 54
Cocculus Dumonti Sap. et Mar. 65
— Kanii Sap. et Mar. 65
Daphnogene *Kanii* Heer . . . . . *ib.*
— longinqua Sap. et Mar. 48
— *pedunculata* Wat. 47
— sezannensis Sap. . . . . *ib.*
Dewalquea, Sap. et Mar. 55
— aquisgranensis Sap. et Mar. 61
— gelindenensis Sap. et Mar. . . . . *ib.*
— haldemiana Sap. et Mar. 60

Pages.

Dryophyllum (Castanea) Saportæ Wat. sp. 40
— cretaceum Deb. 36, 39
— curticellense Sap. et Mar. 42
— Dewalquei Sap. et Mar. 37
— laxinerve Sap. et Mar. 41
— lineare Sap. 42
— vittatum Sap. et Mar. 43
Grevillea palmata Deb. Ms. 61
Laurus canariensis Webb 49
— Omalii Sap. et Mar. . . . . *ib.*
— (Persea) heersiensis Sap. et Mar. 50
— — latior Sap. et Mar. . . . . *ib.*
Myrica angustissima Wat. 42
— *attenuata* Wat. . . . . *ib.*
— *curticellensis* Wat. . . . . *ib.*
— *Roginei* Wat.. . . . . *ib.*
— *verbinensis* Wat. . . . . *ib.*
Myrtophyllum cryptoneuron Sap. et Mar. 71
Osmunda eocenica Sap. et Mar. 30
Platanus Sirii Ung. 65
Quercus dealbata Hook. 35, 39
— mauritanica Sap. et Mar. 40
Sphæria vetusta Sap. et Mar. 68
Salix longinqua Sap. et Mar. 44
Stereulia *Duchartrei* Wat. 65
— labrusca Ung. . . . . *ib.*
— *verbinensis* Wat. . . . . *ib.*
Zizyphus remotidens Sap. et Mar. 70

ERRATA.

Page 39, ligne 15, *après* : *Q. dealbata* Hook., *ajoutez* : que nous représentons pl. III, fig. 5
— 52, ligne 6, *au lieu de* : pl. VII, *lisez* : pl. VIII.
— 61, — 1, — pl. VIII, — pl. VII.
— — — 28, — *Dewalquea*, — *Dewalquei*.

1

2

3

2a

6

5

4

7

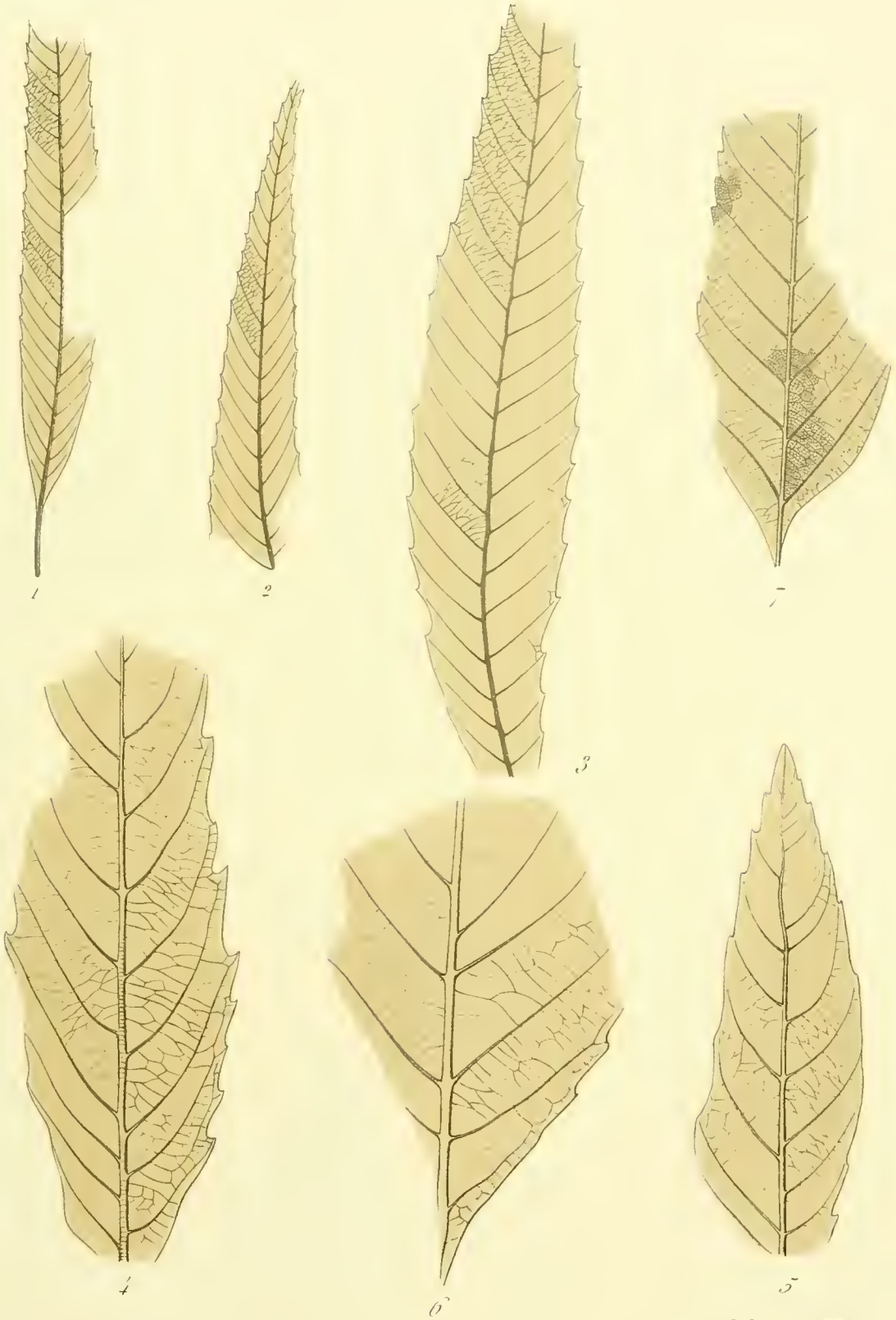
1. Aneimia palaeogaea Sap. et Mar. 2, Osmunda eocenica Sap. et Mar.
3, Chamaecyparis belgica Sap. et Mar. 4, Dryophyllum vittatum Sap. et Mar.
5, Dryophyllum curticellense (Wat sp.) Sap et Mar. 6-7, Dryophyllum laxinerve Sap. et Mar.

1-6. Dryophyllum Dewalquei Sap. et Mar.

Lith. par G. Severeyns Bruxelle

1-4. Dryophyllum Dewalquei Sap. et Mar. 5, Quercus dealbata, Hook.

1-4, Dryophyllum Dewalquei Sap. et Mar. 5, Quercus mauritanica Sap. et Mar. 6, Salix longinqua Sap. et Mar. 7. Daphnogene longinqua Sap. et Mar.



2, Dryophyllum curticellense (Wat. sp.) Sap.et Mar. 3, Dryophyllum (Castanea.) Saportae Wat. 4 6, Dryophyllum cretaceum Deb. 7, Cissites lacerus Sap.et Mar.

1, Laurus Omalii Sap. et Mar. 2, Laurus canariensis Webb. 3, Laurus (Persea) heersiensis Sap. et Mar. 4, Laurus (Persea) latior Sap. et Mar. 5-6, Daphnogene Sezannensis Sap.

1 2, Dewalquea haldemiana Sap. et Mar. 3, Aralia venulosa. Sap. et Mar.
4, Aralia argutidens Sap. et Mar.

1. Aralia demersa Sap. et Mar. 2. Aralia venulosa Sap. et Mar.
3-4, Dewalquea gelindenmensis Sap. et Mar. 5-7. Dewalquea aquisgranensis Sap. et Mar.

17. Dewalquea gelindenensis Sap. et Mar.

1. Cocculus Kanii (Heer sp.) Sap. et Mar. 2 3. Daphnogene (Cocculus Sap. et Mar.) Kanii Heer (Groendland)
4. Cocculus Dumontii Sap et Mar 5. Celastrophyllum reticulatum Sap et Mar.
6. Celastrophyllum Benedenii Sap. et Mar.

1. Sterculia labrusca Ung. 2-3. Sterculia Labrusca Ung. (Skopau.)
4. Sterculia labrusca Ung. (Bilin.) 5-6. Zizyphus remotidens Sap. et Mar.

Auct. del. Lith. par G. Severeyns Bruxelle

1-2. Celastrophyllum Benedenii Sap. et Mar. 3. Celastrophyllum lanceolatum Ettingsh. 4-5. Celastrophyllum repandum Sap. et Mar. 6. Myrtophyllum cryptoneuron Sap. et Mar.

3 2044 093 257 947

Date Due